



Sammenligning af danske og udenlandske vindmøllers økonomi

Godtfredsen, F.

Publication date:
1993

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Godtfredsen, F. (1993). *Sammenligning af danske og udenlandske vindmøllers økonomi*. Risø National Laboratory. Denmark. Forskningscenter Risø. Risø-R No. 662(DA)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Sammenligning af danske og udenlandske vindmøllers økonomi

Finn Godtfredsen



Forskningscenter Risø, Roskilde
Februar 1993

RISO-R--662(DA)

DE93 784736

Sammenligning af danske og udenlandske vindmøllers økonomi

Finn Godtfredsen

**Forskningscenter Risø, Roskilde
Februar 1993**

MASTER

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED
FORWARD SALES PERMITTED RB

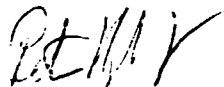
Resumé

I rapporten sammenlignes danske vindmøller med en række britiske, hollandske og tyske møller, fortrinsvis på grundlag af oplysninger fra fabrikanterne. Undersøgelsen omfatter såvel vindmøllernes effektivitet, herunder energiproduktionen pr m² rotorareal, som møllepriser og økonomi ved opstilling under ensartede vindforhold i Danmark henholdsvis Tyskland.

Denne rapport har været til intern kommentering og vurdering på Prøvestationen for Vindmøller, Forskningscenter Risø hos:



Peter Hauge Madsen



Peter Hjuler Jensen

Undersøgelsen er udført med tilskud fra Energistyrelsen under projektet "Teknologiudvikling af vindmøller - En teknisk/økonomisk analyse". ENS J.nr. 51176/92-0001

ISBN 87-550-1872-6

ISSN 0106-2840

Grafisk Service, Risø 1993

Indholdsfortegnelse

- 1. Indledning 5**
- 2. Datagrundlag og metode 6**
- 3. Vindmøllepriser på det danske marked 10**
- 4. Vindmøllepriser på det tyske marked 22**
- 5. Sammenligning af de tre undersøgelser 27**
- 6. Referencer 39**

Bilag

- 1A. Vindmølleoversigten, september 1992**
- 1B. Elkraft-data**
- 1C. Wind Kraft Journal's data**
- 2A. Datablad for samtlige undersøgte vindmøller**
- 2B. Datablad for de undersøgte vindmøller i Kapitel 5**
- 3A. Oversigt over de undersøgte møllers nr., navn og generatoreffekt**

1. INDLEDNING

Dansk vindkraftindustri har i de sidste 10 - 15 år markeret sig som førende med hensyn til udvikling af stadig større og mere effektive vindmøller. Danske vindmølleproducenter har samtidig opnået en andel af verdensmarkedet på over 40%. I 1991 udgjorde den samlede eksport ca. 620 mio. kr.

I de senere år er vindmølleudbygning forskudt fra Californien til Europa. Især Tyskland har udgjort en stærkt stigende andel, og en stor del af disse vindmøller er danskproducerede.

Antallet af udenlandske udbydere af kommercielle vindmøller over 150 kW er øget kraftigt i 1990'erne, hvor der er opbygget en vindmølleindustri og et betydeligt marked for vindkraft i navnlig Tyskland, Holland og UK. Hertil kommer enkelte store virksomheder i USA og Japan, som nu også interesserer sig for det nye marked.

I denne rapport foretages en status over danske og udenlandske vindmøllers økonomi på det danske og det tyske marked. På grundlag af indsamlede tekniske og økonomiske data sammenlignes en række vindmøller i størrelsen 150 - 500 kW. Sammenligningen omfatter bl.a. energiproduktion pr. m² bestroget rotorareal, pris pr. installeret kW, pris pr. m² rotorareal, samfundsøkonomisk produktionspris pr. kWh og vægt af mølletoppen.

Kapitel 2 beskriver det anvendte datagrundlag. I Kapitel 3 er analyseret samtlige de pr. 1. september 1992 typegodkendte vindmøller i Danmark, baseret på Vindmølleoversigten fra Informationssekretariatet for Vedvarende Energi [1]. Desuden er analyseret en række danske og enkelte udenlandske (britiske og hollandske) vindmøller, baseret på data indsamlet af elskabet Elkraft [2]. En stor del af de danske vindmøller indgår i to eller alle tre undersøgelser.

Kapitel 4 beskriver danske, tyske og hollandske vindmøller på det tyske marked, baseret på data offentliggjort i bladet Wind Kraft Journal nr. 1, 1992 [3].

Kapitel 5 er en sammenfatning af resultaterne af undersøgelserne i Kapitel 3 og 4. Desuden indeholder kapitlet kommentarer til forskelle i prisniveau m.v. og til danske vindmøllers konkurrenceevne.

I Bilag 3 er anført de undersøgte møllers nr., navn og generatoreffekt.

2. DATAGRUNDLAG OG METODE

Første del af undersøgelsen er baseret på Vindmølleoversigten [1], og omfatter de 12 vindmølle typer, som pr. 1. september 1992 var typegodkendt til opstilling i Danmark. Vindmøllerne ligger alle i intervallet 150 - 450 kW og fremstilles af 7 producenter, der alle er hjemmehørende i Danmark. 2 af vindmøllerne leveres både med 30 m og 40 m tårn, således at der ialt indgår 14 møller. Herudover leveres møllerne ofte i 2 forskellige tårnudsørelser (rørtårn og gittermast). I denne delundersøgelse er i alle tilfælde forudsat rørtårne.

Anden del af undersøgelsen er baseret på data, indsamlet af Elkraft i forsommeren 1992 som led i et vindmølle-studieprojekt i Portugal [2]. Undersøgelsen omfatter 17 møller af 14 forskellige fabrikater i størrelsen 200 - 500 kW. Der er 3 varianter med hensyn til tårnhøjde og -type (rørtårn hhv gittermast). 13 af vindmøllerne produceres af 5 af de 7 danske vindmøllefabrikanter. De sidste 4 møller produceres af en hollandsk og 2 britiske virksomheder.

Tredje del af undersøgelsen er baseret på data, indsamlet januar 1992 af Statistik der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel, og offentliggjort i Wind Kraft Journal, nr. 1 1992 [3]. I nærværende analyse er udeladt møller under 225 kW samt varianter med hensyn til tårnhøjde og -type, ialt 14 vindmøller til opstilling på det tyske marked. Af disse er ni fremstillet af dansk ejede virksomheder, fire af tyske og én af hollandske producenter.

Der er anvendt tekniske specifikationer vedrørende møllekoncept, generatoreffekt, rotordiameter (eller bestrøget areal) og nav- eller tårnhøjde samt priser oplyst af fabrikanterne. Desuden er anvendt en beregnet årlig energiproduktion under forudsætning af opstilling i ruhedsklasse 1 og 2.

Energiproduktionen er beregnet som defineret i Europæiske Vindatlas, version 6 [4], med udgangspunkt i vinddata fra Beldringe lufthavn. I Vindmølleoversigten er årsenergiproduktionen anført for de godkendte danske møller. Hvor årsenergiproduktionen ikke har været opgivet, er denne beregnet ud fra vindmøllens teoretiske eller målte effektkurve eller oplysninger fra Eurowind-databasen [5]. Alle produktionsdata er baseret på fabrikantoplysninger. For enkelte udenlandske møller har der alene foreligget en kurve over årsenergiproduktionens afhængighed af middelvindhastigheden. For disse vindmøller er energiproduktionen aflæst fra kurven ved 6,0 hhv 5,4 m/sek for de to ruhedsklasser 1 og 2 og den relevante tårnhøjde. Der må forventes større usikkerhed for den sidstnævnte møllekategori i forhold til møller med dokumenterede effektkurver [1]. Af de undersøgte møller vurderes usikkerheden på produktionen at være størst for HSW og Windharvester. For HSW er effektkurven aflæst fra afrapporteringen af HSW's EF-støttede demonstrationsprojekt [6]. Heri angives en betydelig lavere årsproduktion end anført i [5].

Specielt for møller over 450 kW er tale om vindmøller, der kun findes i få eksemplarer eller som prototyper. Det er normalt, at fabrikanterne løbende foretager justeringer og optimeringer af eksempelvis rotordiameter og tårnhøjde.

Endelig er der i visse tilfælde angivet tårnhøjde i stedet for navhøjde.

Møllepriser er opgivet i alle tre datareferencer [1], [2] og [3]. Følgende er generelt ikke indeholdt i møllepriserne, som er angivet excl. moms:

- fundament
- nettilslutning
- elinstallation
- grund og evt. vej
- rådgivning og projektering
- finansieringsomkostninger
- service, drift og vedligeholdelse
- reparationer udover garantidækningen

I de fleste tilfælde er udgifter til (indenlandsk) vejtransport (bortset fra evt færgefragt) samt opstilling og indkøring indeholdt i prisen. Enercon's, Lagerwey's og WEG's priser omfatter dog ikke transport og montage. Det fremgår videre ikke i alle tilfælde, om der anvendes rørtårn eller gittermast. Gittermaster er ofte 50 - 100.000 kr billigere end rørtårne for møller på 150 - 300 kW.

Prisoplysningerne må ligeledes tages med et vist forbehold, når der som i Kapitel 5 sammenlignes mellem forskellige kilder [2] og [3]. Der må iøvrigt formodes at være forskellige rabatter afhængig af ordrestørrelse, konkurrence- og forhandlingssituation mv.

Som hovedregel er der 2 års garanti, men eksempelvis giver Enercon, Lagerwey og WEG kun 1 års garanti. Der er naturligvis også en betydelig usikkerhed f.s.v.a. driftsudgifterne og levetiden, navnlig for de mølletyper, som kun findes i prototype eller som har ganske få driftstimer.

For de fleste udenlandske fabrikater er prisen angivet i DM eller ECU (for NedWind dog i NLG). I beregningerne er ved omregning til DKK forudsat følgende vekselkurser (gældende primo september 1992): DM 390, ECU 780 og NLG 340.

Hvor intet andet er anført, er vindmøllerne sorteret efter stigende størrelse målt i generatoreffekt (1. orden), rotorareal (2. orden) og navhøjde (3. orden). Møllerne er derefter analyseret efter en række teknisk/økonomiske parametre:

- I. Møllepris i forhold til årsenergiproduktionen
- II. Møllepris i forhold til rotorarealet
- III. Møllepris i forhold til generatoreffekten
- IV. Møllepris i forhold til hhv. energiproduktion, rotorareal og generatoreffekt
- V. Årsenergiproduktion i forhold til rotorarealet
- VI. Generatoreffekt i forhold til rotorareal (specifik effekt)
- VII. Vindmøllens benyttelsestid (årsproduktion i kWh/kW generatoreffekt)

I kapitel 5 er desuden beregnet den samfundsøkonomiske produktionspris pr. kWh samt vægten af mølletoppen i forhold til det bestrøgne rotorareal. Ved beregning af den samfundsmæssige produktionspris for vindmøllestrøm antages investeringerne udover selve møllen at udgøre 40% af mølleprisen af fabrik. Desuden forudsættes generelt årlige driftsudgifter på 3% af mølleprisen af fabrik incl. transport, opstilling og indkøring, men excl. fundament, nettilslutning mv. Der er heri medregnet reinvesteringer i møllens levetid, som er antaget at være 20 år. Møllens værdi efter 20 år er sat til nul. Endelig er anvendt en kalkulationsrentefod på 7% p.a.

Tillægget på 40% af mølleprisen og årlige driftsudgifter på 3% af mølleprisen er primært baseret på Energistyrelsens Vindmølleøkonomirapport [7]. En spørgeskemaundersøgelse, foretaget af Forskningscenter Risø [8], tyder på, at der er tale om forsigtige forudsætninger, idet tillæg på 30% af mølleprisen af fabrik og årlige driftsudgifter på ca. 2,5% af mølleprisen synes at have været almindeligt under danske forhold for nye danske vindmølle typer i slutningen af 1980'erne.

Langt hovedparten af de udvalgte vindmøller består af det traditionelle danske møllekoncept: 3-bladet, stall-reguleret vindmølle med en eller to generator(er) og konstant omdrejningshastighed.

Som det fremgår af tabel 1, indgår der også 2-bladede møller, pitch-regulerede møller og vindmøller med variabel omdrejningshastighed. Møllerne 1 - 14 stammer fra Vindmølleoversigten, møllerne 15 - 31 er fra Elkraft-undersøgelsen og nr. 32 - 45 stammer fra Wind Kraft Journal. Det kan i Tabel 1 ses, at mange møller går igen i 2 eller 3 undersøgelser - blot med forskelligt nummer. De vindmølle typer, som indgår i undersøgelsen er nærmere beskrevet i Bilag 1.

Langt størstedelen af de undersøgte vindmøller er danskproducerede. Af de udenlandske er Lagerwey og NedWind hollandsk ejede, WEG og Windharvester (Howden's efterfølger) britiske, mens Enercon, HSW og Tacke er tyskejede.

Tabel 1. Vindmøller omfattet af undersøgelsen.

Mølle Nr.	Mølle navn	Effekt kW	Rotorens m2	Modhøjde m	Antal vinger	Effekt regulering	Rotor højde
1	Bussell	150	445	30	3	stall	konstant
2	Nordtank	150	475	31	3	stall	konstant
3	WindWorld	150	573	30	3	stall	konstant
4	WindWorld	150	573	40	3	stall	konstant
5	Micon	200	530	29	3	stall	konstant
6	Micon	200	573	30	3	stall	konstant
7	Vestas	225	573	30	3	pitch	konstant
8	Micon	250	531	30	3	stall	konstant
9	Nordex	250	572	30	3	stall	konstant
10	Nordex	250	572	40	3	stall	konstant
11	Nordtank	300	755	29	3	stall	konstant
12	Bonus	300	755	30	3	stall	konstant
13	Micon	400	755	36	3	stall	konstant
14	Bonus	450	1075	35	3	stall	konstant
15	Micon	200	573	30	3	stall	konstant
16	Vestas	225	573	30	3	pitch	konstant
17	NedWind	250	503	30	3	stall	konstant
18	Micon	250	531	30	3	stall	konstant
19	Nordex R	250	572	30	3	stall	konstant
20	Nordex G	250	572	30	3	stall	konstant
21	Nordex G	250	572	40	3	stall	konstant
22	Nordex R	250	572	40	3	stall	konstant
23	Bonus	300	755	30	3	stall	konstant
24	Nordtank	300	755	31	3	stall	konstant
25	WEG M53	300	855	25	2	pitch	konstant
26	WindHarv	330	855	25	3	pitch	konstant
27	Micon	400	755	36	3	stall	konstant
28	Bonus	450	1075	35	3	stall	konstant
29	NedWind	500	962	39	2	stall	konstant
30	Nordtank	500	1075	35	3	stall	konstant
31	Vestas	500	1195	40	3	pitch	konstant
32	Vestas	225	572	32	3	pitch	konstant
33	HSW	250	491	28	3	stall	konstant
34	Micon	250	530	30	3	stall	konstant
35	Nordex	250	530	42	3	stall	konstant
36	Tacke	250	531	30	3	stall	konstant
37	Lagerwey	250	572	32	2	pitch	variabel
38	Nordtank	300	755	31	3	stall	konstant
39	Enervcon	300	855	34	3	pitch	variabel
40	Micon	400	750	36	3	stall	konstant
41	Bonus	450	962	35	3	stall	konstant
42	Tacke	500	1017	40	3	stall	konstant
43	Nordtank	500	1075	35	3	stall	konstant
44	WindWorld	500	1075	41	3	stall	konstant
45	Vestas	500	1195	41	3	pitch	konstant

3. VINDMØLLEPRISER PÅ DET DANSKE MARKED

I dette kapitel analyseres vindmøller til opstilling på det danske marked. Tekniske og økonomiske data for vindmøller til opstilling i Danmark stammer fra to forskellige kilder: Vindmølleoversigten fra Informationssekretariatet for Vedvarende Energi [1] og en undersøgelse foretaget af elskabet Elkraft [2].

Den del af undersøgelsen som er baseret på [1], omfatter de 12 vindmølle typer, som pr. 1. september 1992 var typegodkendt til opstilling i Danmark. Disse møller er alle danskproducerede og ligger i intervallet 150 - 450 kW.

Det skal bemærkes, at [1] ikke omfatter oplysning om prisen for mølle nr. 14 (Bonus 450 kW) pr. 1. september 1992. I stedet er anvendt prisen pr. 1. april 1992, som omfatter en tidligere version af Bonus 450 kW med noget mindre rotorareal. I december 1992 var prisen knap 6% højere for mølle nr. 14 end forudsat i denne undersøgelse [1].

Anden del af undersøgelsen, der er baseret på Elkraft's data [2], omfatter 17 møller i intervallet 200 - 500 kW. Vindmøllerne produceres af 13 danske, to hollandske og to britiske virksomheder.

Der er et betydeligt sammenfald mellem mølle typerne i de to danske undersøgelser. Således er kun WindWorld og Wincon West Wind ikke repræsenterede i de af Elkraft indsamlede oplysninger, som til gengæld omfatter to britiske (WEG og Windharvester) samt to hollandske møller (NedWind).

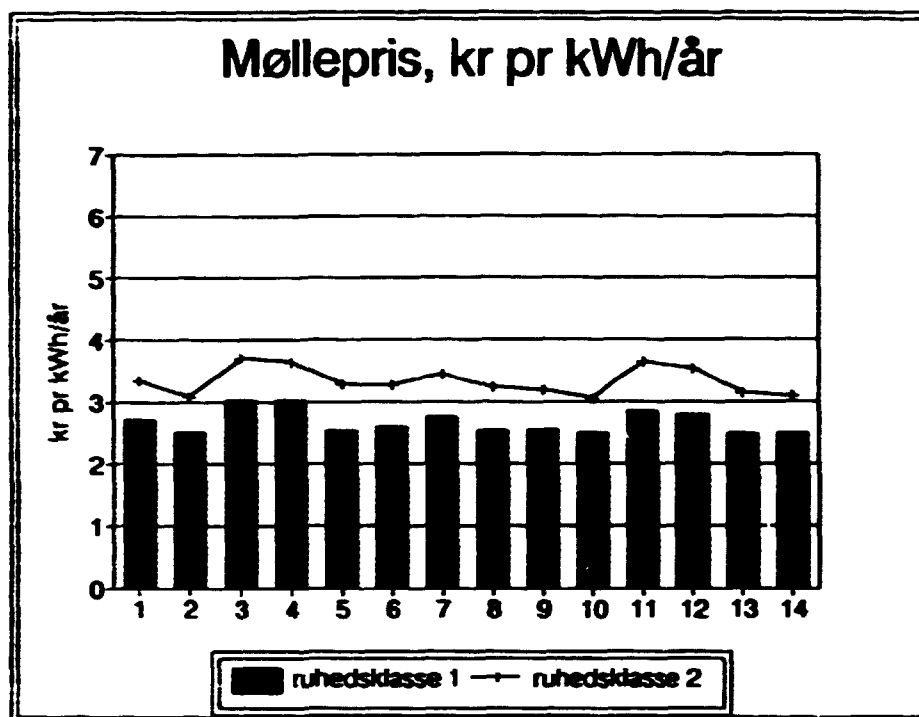
I det følgende henviser a og b i tekst og figurer til resultater baseret på Vindmølleoversigten hhv Elkraft's data.

1. Møllepris i forhold til årsenergiproduktionen

Mølleprisen set i forhold til årsenergiproduktionen er alt andet lige et godt mål for en vindmølles relative økonomi. På basis af de teknisk-økonomiske data fra de to undersøgelser [1] og [2], er mølleprisen pr. produceret kWh/år beregnet. Resultatet for de to undersøgelser fremgår af Figur 1a og 1b nedenfor.

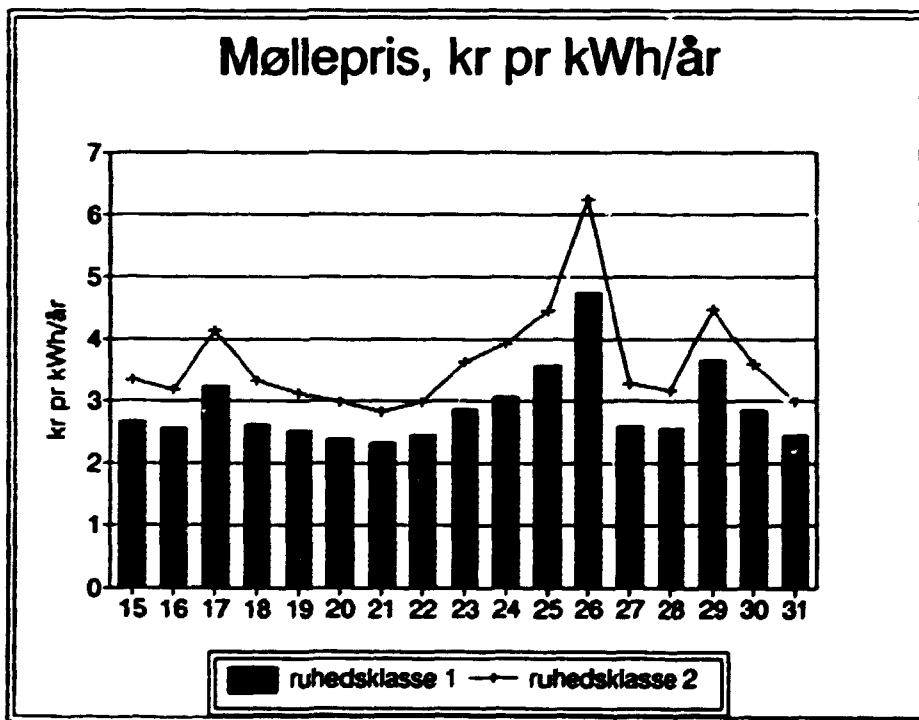
Vindmølleoversigten

Det ses af Figur 1a og 1b, at mølleprisen pr. kWh årsproduktion kun varierer ganske lidt. I ruhedsklasse 1 er den gennemsnitlige møllepris pr. kWh/år godt 2,60 kr. jfr. Figur 1a. Møllerne 13, 14 og 10 (Micon 400 kW, Bonus 450 kW og Nordex 250 kW) ligger lidt under 2,50 kr., mens nr. 3-4 (WindWorld 150 kW med 30 og 40 m tårn) ligger over 3,00 kr.



Figur 1a

Figur 1b



I ruhedsklasse 2 er den gennemsnitlige møllepris ca. 3,30 kr pr. kWh/år. Her er de samme fabrikater samt nr. 2 (Nordtank 150 kW) billigst med 3,05 - 3,15 kr. Møllerne 3-4 og 11 (WindWorld 150 kW med 30 og 40 m tårn samt Nordtank 300 kW) ligger i den modsatte ende på 3,60 - 3,70 kr.

Elkraft

Som det fremgår af Figur 1b er prisniveauet og især spredningen her noget større. I ruhedsklasse 1 er møllerne 20-22 og 31 (Nordex 250 kW og Vestas 500 kW) billigst med under 2,50 kr., mens de fire udenlandske møller, nr. 26, 29, 25 og 17, er dyrest med en pris på ca. 3,20 - 4,70 kr. Det skal bemærkes, at møllerne 20-21 er med gittertårn.

I ruhedsklasse 2 er den gennemsnitlige møllepris ca. 3,50 kr pr. kWh/år. Her er de samme to fabrikater igen billigst med op til 3,00 kr, og de fire udenlandske fabrikater dyrest med over 4,00 kr.

På grundlag af [1] og [2] kan der hverken konstateres faldende eller stigende kWh-pris for voksende generatorstørrelse.

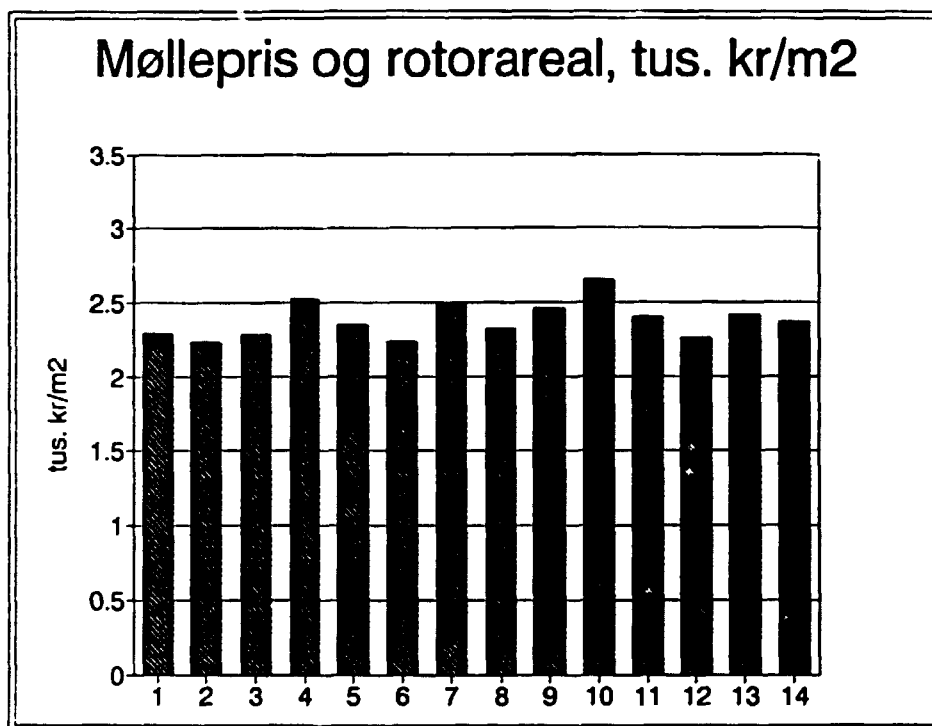
II. Møllepris i forhold til rotorarealet

En vindmøles rotorareal er for en given placering og navhøjde et udtryk for den potentielle vindenergi, der er til rådighed for møllen. For en given effektivitet er vindmøllens ydeevne (som fremgår af dennes effektkurve) derfor proportional med det bestrøgne areal.

Mølleprisen i forhold til det bestrøgne rotorareal er beregnet på grundlag af [1] og [2] og angivet i Figur 2a og 2b nedenfor.

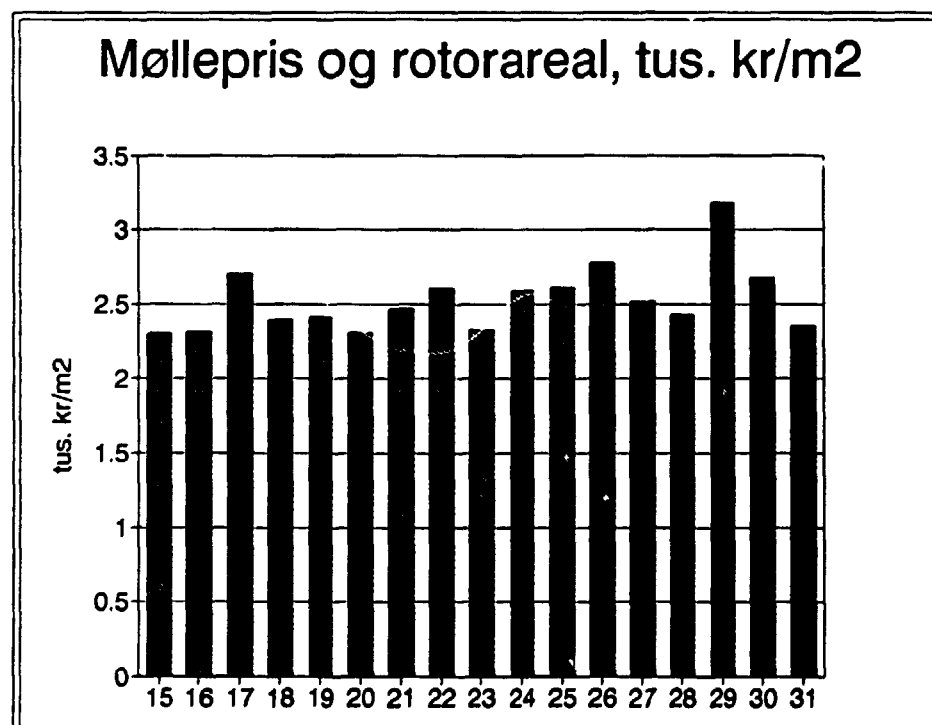
Vindmølleoversigten

Som det ses af Figur 2a er mølleprisen i gennemsnit på ca. 2.350 kr/m². Møllerne 2 og 6 (Nordtank 150 kW og Micon 200 kW) er billigst med under 2.250 kr/m², mens nr. 10 og 4 (Nordex 250 kW og WindWorld 150 kW, begge med 40 m tårn) er dyrest med over 2.500 kr/m².



Figur 2a

Figur 2b



Elkraft

Mølleprisen er i gennemsnit på ca. 2.500 kr/m², jfr. Figur 2b. Billigst er mølle nr. 15 (Micon 200 kW) med ca. 2.300 kr/m², mens de to dyreste, nr. 29 og 20 (NedWind 500 kW med 40 m tårn og Windharvester 330 kW med 25 meter tårn) ligger over 2.750 kr/m².

Variationen i mølleprisen pr. bestrøget rotorareal er meget lille i begge undersøgelser, navnlig når der korrigeres for forskelle i tårnhøjde. Generelt er de danske vindmøller billigere pr. m² end de undersøgte udenlandske møller, men på grundlag af [1] og [2] kan hverken konstateres stigende eller faldende møllepris pr. m² ved voksende generatoreffekt.

III. Møllepris i forhold til generatoreffekten

Generatoreffekten angiver normalt størrelsen af effekten under fuldlast. Den fortæller derimod ikke noget om årsenergiproduktionen.

I dette afsnit er mølleprisen pr. kW generatoreffekt beregnet ud fra [1] og [2]. Resultaterne fremgår af Figur 3a og 3b nedenfor.

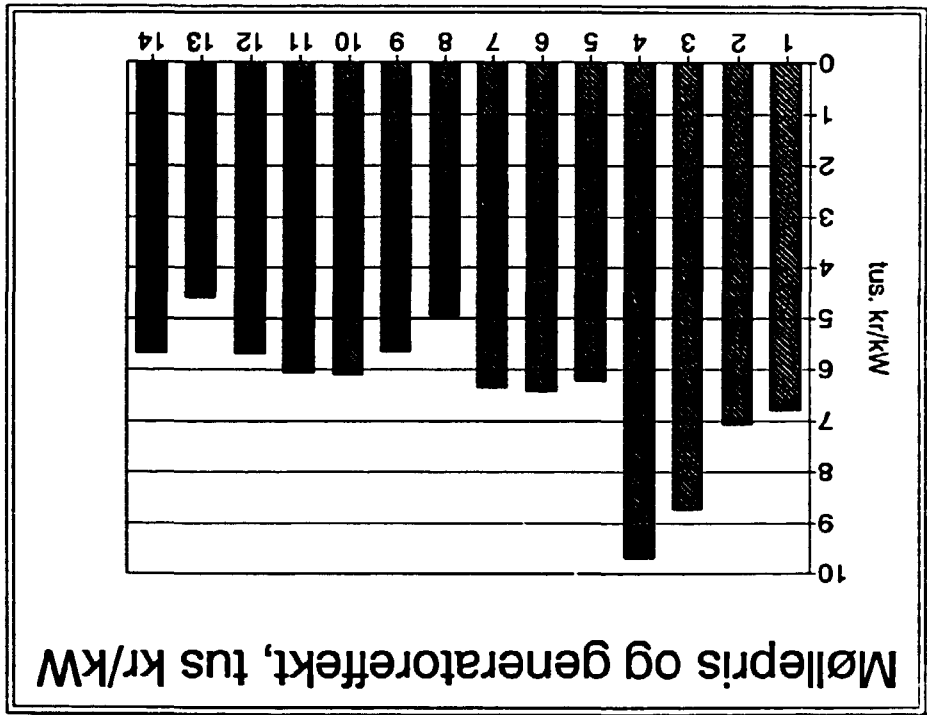
Vindmølleoversigten

I gennemsnit er mølleprisen ca. 6.000 kr/kW, dog noget højere for 150 kW vindmøllerne (nr. 1 - 4), jfr. Figur 3a. For vindmøllerne 13 og 8 (Micon 400 kW og 250 kW) er prisen under 5.000 kr/kW, mens nr. 3-4 (WindWorld 150 kW med 30 og 40 m tårn) er markant dyrere med ca. 9.000 kr/kW.

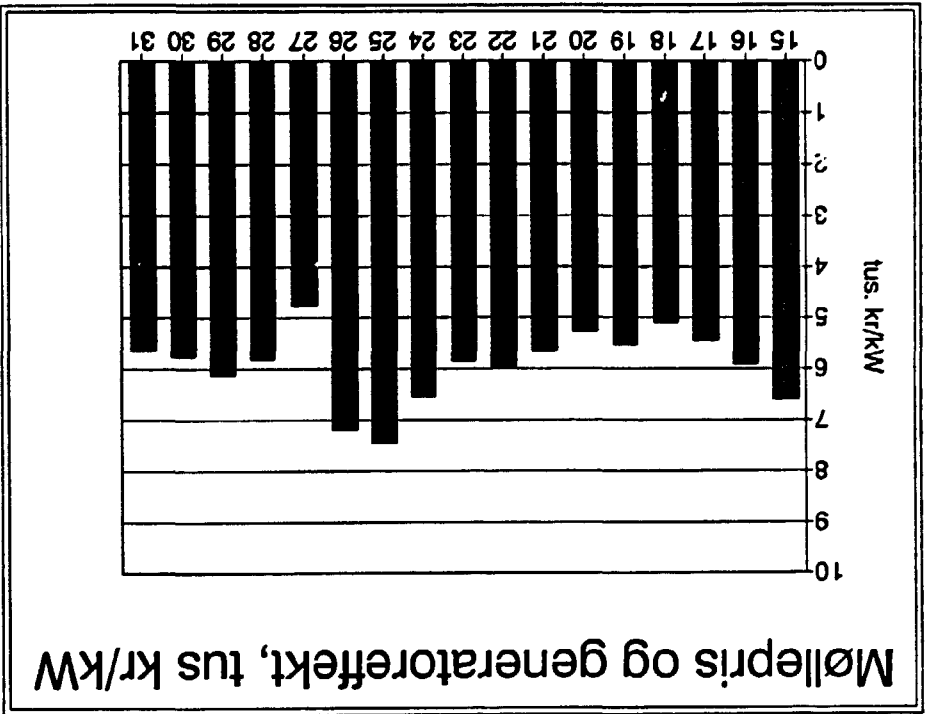
Elkraft

Også her er mølleprisen i gennemsnit ca. 6.000 kr/kW, jfr. Figur 3b. For vindmølle nr. 27 (Micon 400 kW) er prisen under 5.000 kr/kW, mens møllerne 25 og 26 (WEG 300 kW og Windharvester 330 kW, begge med 25 m tårn) er dyrest med over 7.000 kr/kW.

På grundlag af [1] og [2] kan konstateres en betydelig variation i mølleprisen pr. kW generatoreffekt. Mølleprisen pr. kW synes generelt at være højest for møller op til 200 kW. Derover ses ingen signifikant tendens til faldende eller stigende pris pr. kW.



Figur 3a



Figur 3b

IV. Møllepris pr. henholdsvis kWh-årsproduktion, m² rotorareal og kW generatoreffekt

I Figur 4a og 4b er møllepriserne beregnet ud fra [1] og [2] pr. henholdsvis årsproduktionen i ruhedsklasse 1, rotorarealet og generatoreffekten. Figur 4a og 4b sammenfatter således figurerne 1a - 3a og 1b - 3b i afsnittene I - III.

På grundlag af Figur 4a og 4b kan det konstateres, at mølleprisen pr. kWh årsproduktion og mølleprisen pr. m² rotorareal varierer meget lidt. Dette gælder især for de danske vindmøllefabrikater. Mølleprisen pr. kW generatoreffekt varierer derimod betydelig mere mellem de enkelte møller.

V. Årsenergiproduktion i forhold til rotorarealet

Årsenergiproduktionen pr. m² bestrøget rotorareal er ved en given navhøjde udtryk for vindmøllens udnyttelse af vindpotentialet.

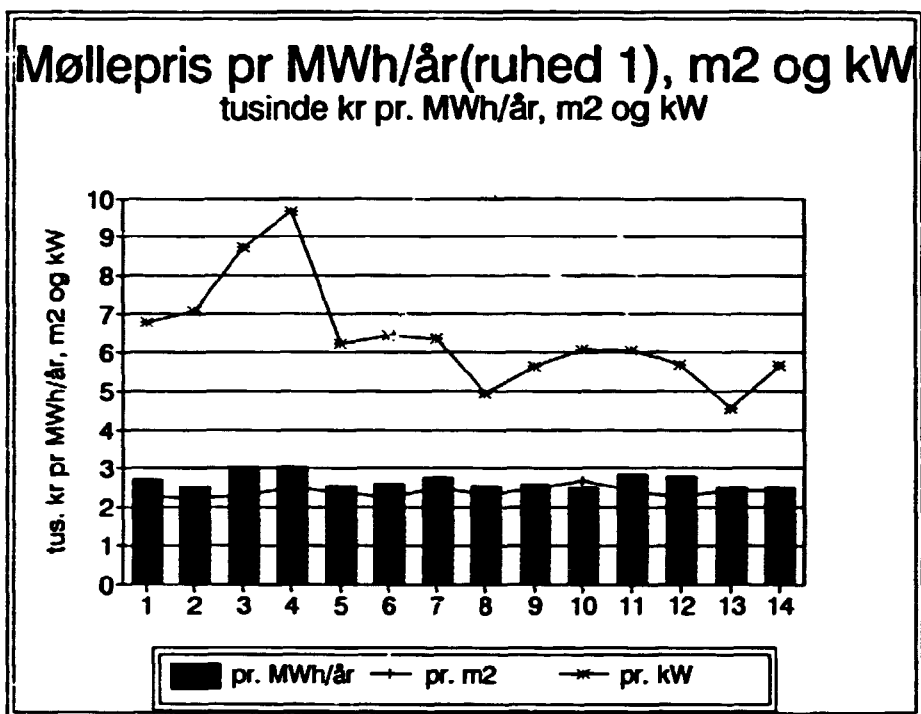
På grundlag af [1] og [2] er vindmøllernes energiproduktion pr. m² rotorareal beregnet i ruhedsklasserne 1 og 2. Det fremgår af Figur 5a og 5b, at der er relativ lille variation i energiproduktion pr. m² rotorareal, især for de danske møller. De fleste vindmøller har en beregnet årlig produktion på 800 - 1000 kWh/m² i ruhedsklasse 1 og 600 - 800 kWh/m² i ruhedsklasse 2. Kun møllerne 10/21-22 (Nordex 250 kW med 40 m tårn) har højere energiproduktion i de to ruhedsklasser, hvilket kan tilskrives den relativ store tårnhøjde. Omvendt har møllerne nr. 26 og 25 (Windharvester 330 kW og WEG 300 kW, begge med 25 meter tårn) samt nr. 3 (WindWorld 150 kW, dog kun i ruhedsklasse 1) lavere produktion.

På grundlag af [1] og [2] synes der ikke at være nogen signifikant variation i ydelsen (årsenergiproduktionen) pr. m² rotorareal ved stigende generatorstørrelse. Som ventet er der derimod en klar sammenhæng mellem ydelse og tårnhøjde, jfr. også Figur 13.

VI. Generatoreffekt i forhold til rotorareal (specifik effekt)

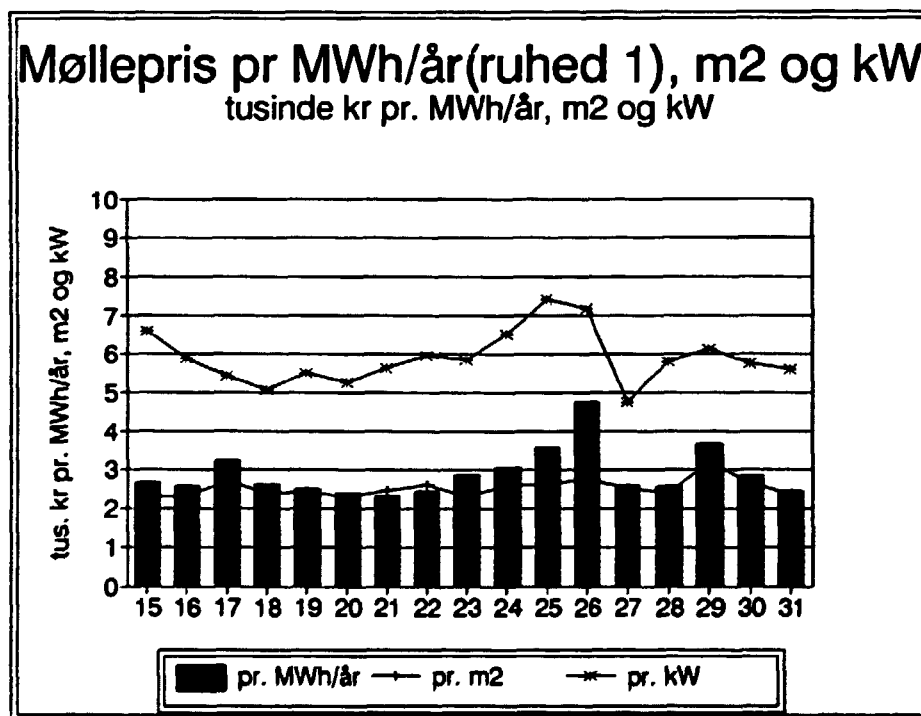
I dette afsnit er på baggrund af [1] og [2] beregnet vindmøllernes generatoreffekt som funktion af rotorarealet (den specifikke effekt). Resultatet ses af Figur 6a og 6b nedenfor.

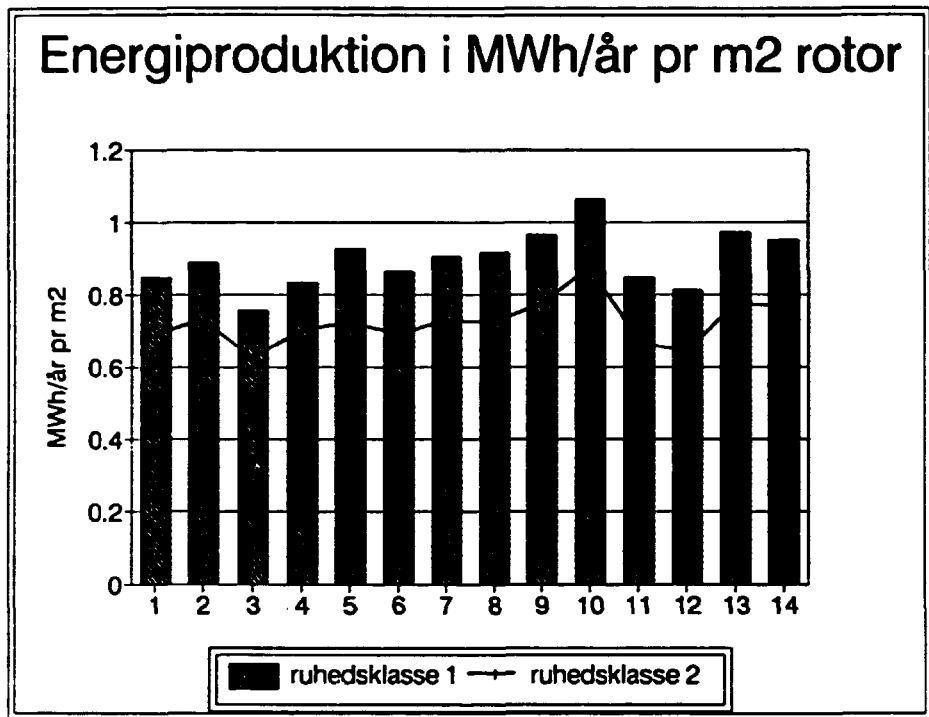
Det fremgår at den specifikke effekt for vindmøller på 150 kW og derover i gennemsnit udgør godt 400 W/m², og noget lavere for mindre møller. Det ses, at kun de to møller, nr. 3-4 (WindWorld 150 kW) har en specifik effekt på under 300 W/m². Disse møller må betegnes som deciderede lavvindsmøller.



Figur 4a

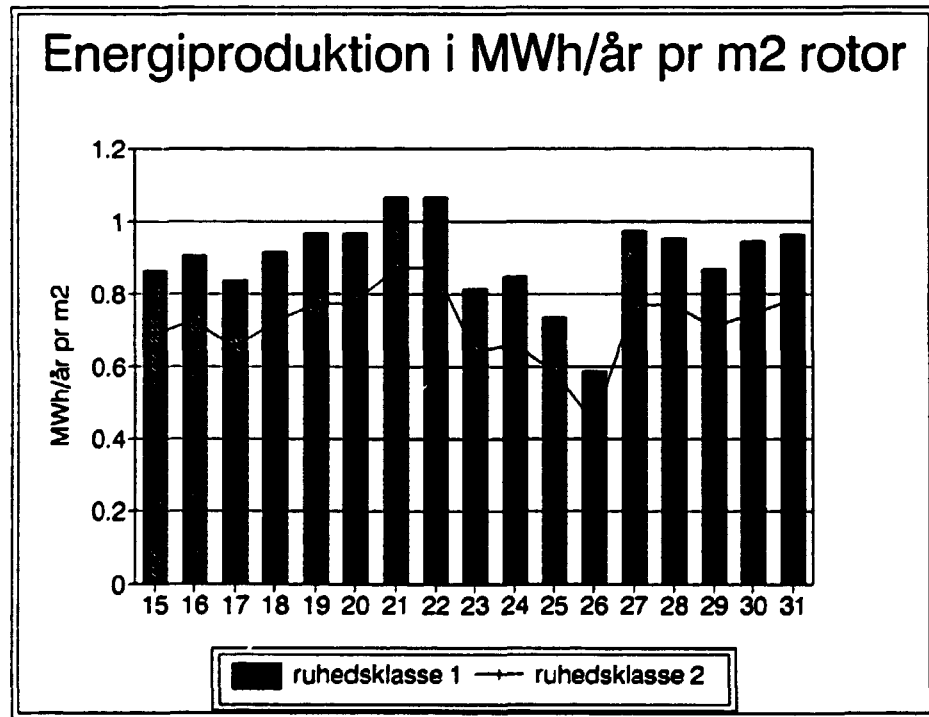
Figur 4b

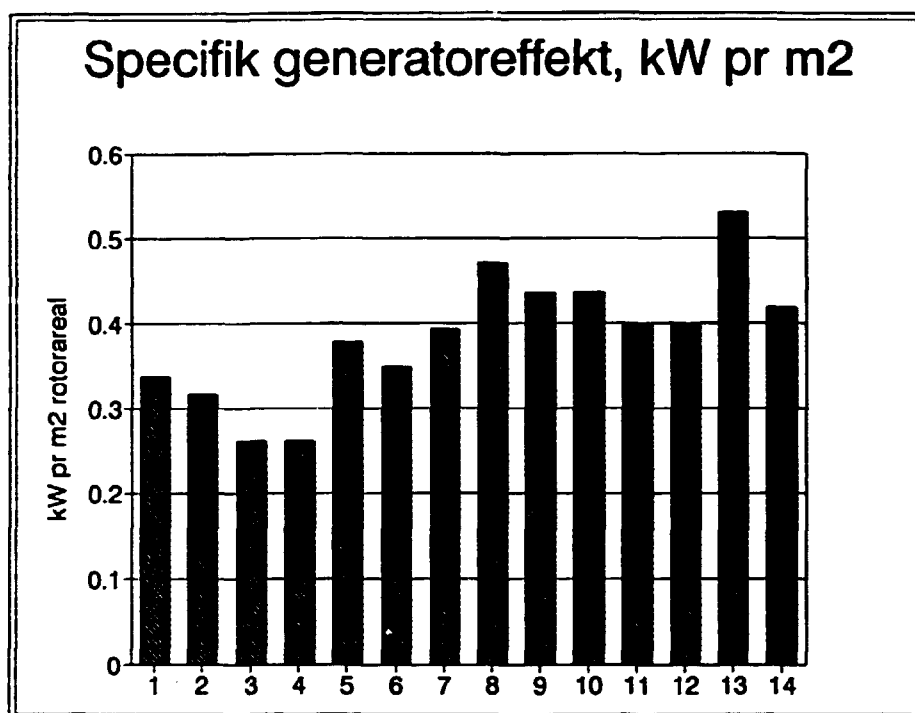




Figur 5a

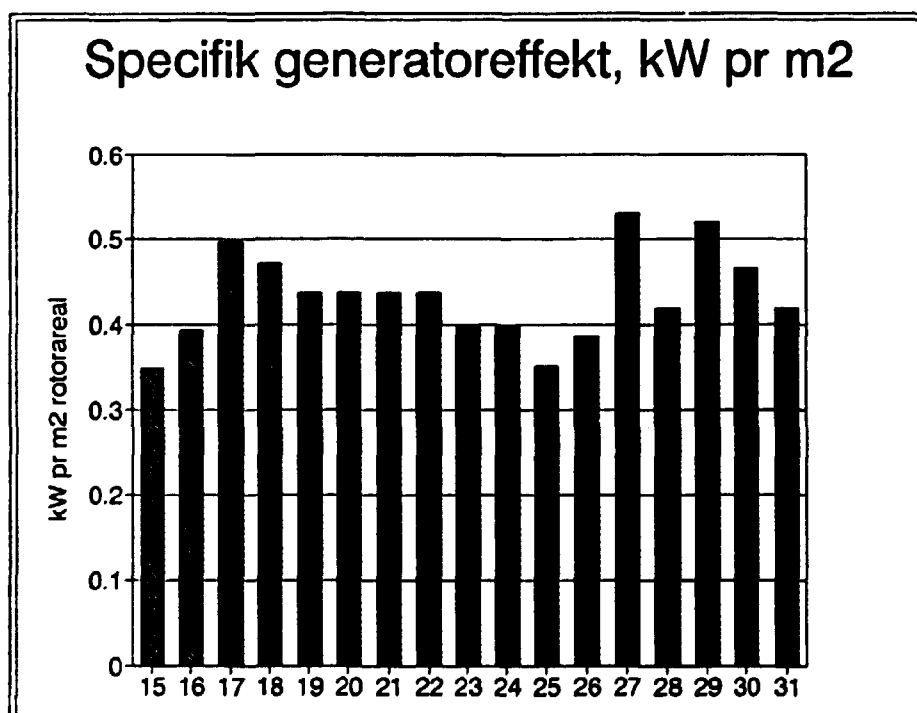
Figur 5b





Figur 6a

Figur 6b



I den modsatte ende har møllerne 13/27 og 29 (Micon 400 kW og NedWind 500 kW) en specifik effekt på over 500 W/m².

Det kan på grundlag af [1] og [2] konstateres, at vindmøller under 250 kW har lavest specifik effekt. For vindmøller på ca. 250 kW og derover synes den specifikke effekt hverken at være stigende eller faldende ved voksende generatorstørrelse.

VII. Vindmøllernes benyttelsestid

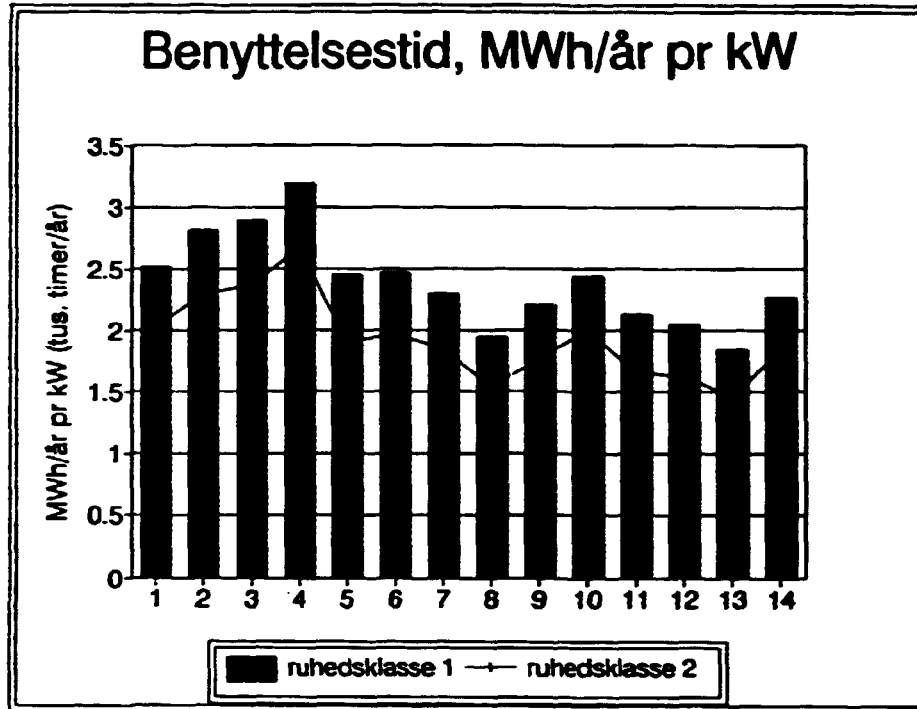
På grundlag af [1] og [2] er beregnet vindmøllernes benyttelsestid. Resultatet fremgår af Figur 7a og 7b.

Det ses, at benyttelsestiden for de fleste vindmøller ligger i intervallet 2.000 - 2.500 timer/år i ruhedsklasse 1 og på 1.500 - 2.000 timer/år i ruhedsklasse 2.

Kun de tre fabrikater på 150 kW, nr. 1-4 (WindWorld med 30 og 40 m tårn, Nordtank og Bonus) har højere benyttelsestider.

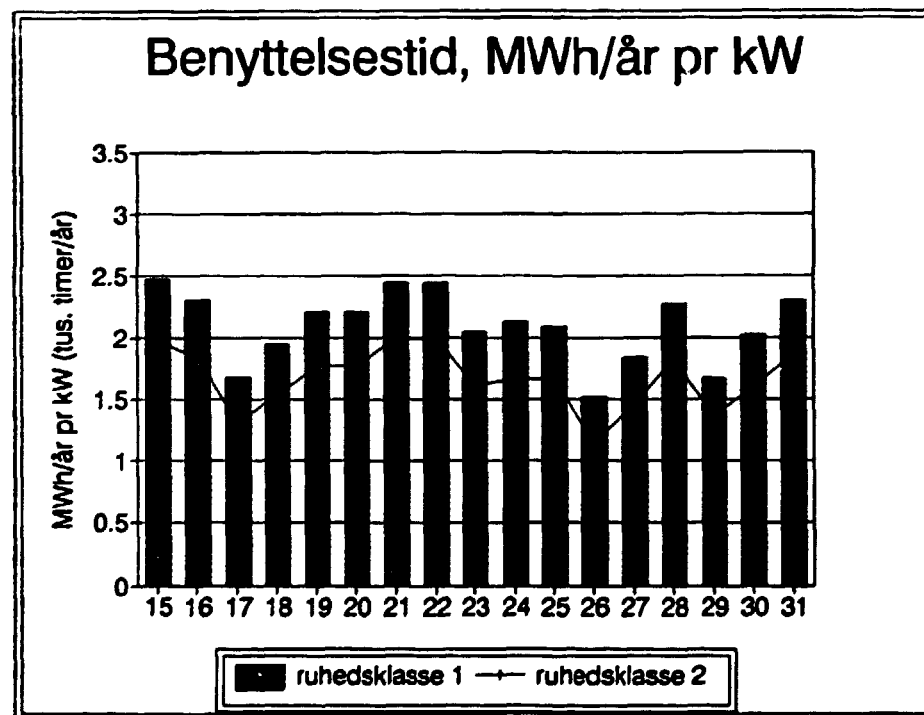
Omvendt har møllerne 13 og (i ruhedsklasse 1 alene) nr. 8 (Micon 400 og 250 kW, førstnævnte med 36 m tårn) samt nr. 26, 29, 17, 27 og (i ruhedsklasse 1 alene) nr. 18 (Windharvester 330 kW, NedWind 500 og 250 kW samt Micon 400 og 250 kW) benyttelsestider under de to intervaller.

Som ventet har vindmøller med relativ lav specifik generatoreffekt og tårnhøjde over middel gennemgående de højeste benyttelsestider. Med baggrund i [1] og [2] kan der imidlertid for de undersøgte vindmøller over 200 kW hverken konstateres stigende eller faldende benyttelsestid med voksende generatoreffekt. Benyttelsestiden er dog markant højest for de undersøgte møller under 200 kW.



Figur 7a

Figur 7b



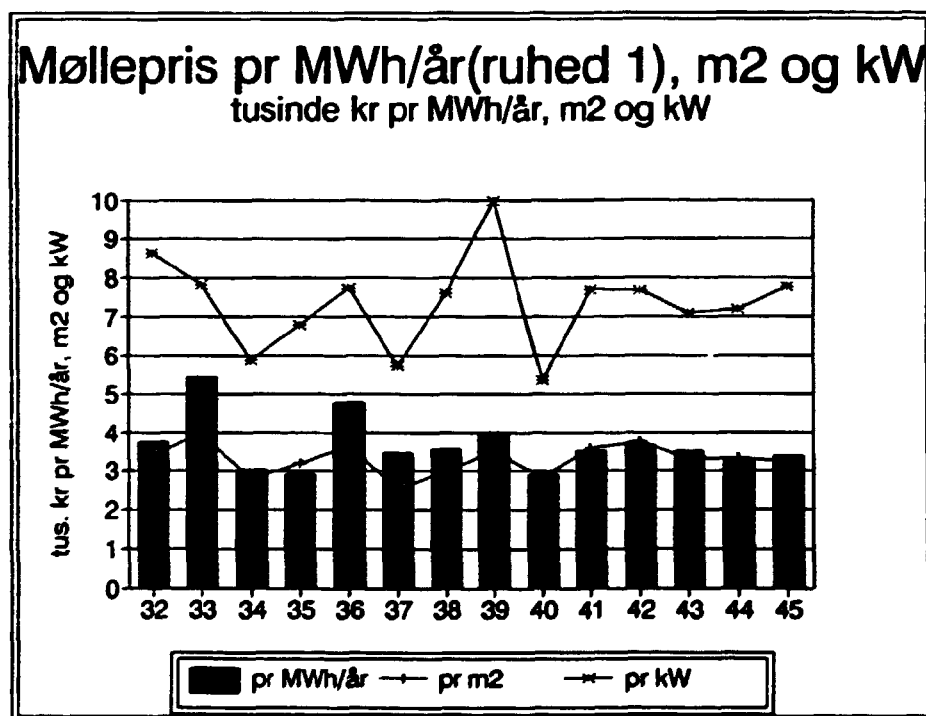
4. VINDMØLLEPRISER PÅ DET TYSKE MARKED

I Wind Kraft Journal, nr. 1 1992 [3] er angivet tekniske og økonomiske data for vindmøller til opstilling i Nordtyskland. Nedenfor er foretaget en analyse af de 14 vindmøllefabrikater på 225 - 500 kW, som indgår i [3]. Af de undersøgte fabrikater er ni fremstillet af dansk ejede virksomheder, fire er tyske og en hollandsk.

Der er et betydeligt sammenfald mellem vindmøllerne i de danske undersøgelser (baseret på [1] og [2] og vindmøllerne på det tyske marked [3].

I. Møllepris i forhold til årsenergiproduktionen

På grundlag af [3] er der foretaget beregninger af mølleprisen i forhold til årsenergiproduktionen. Den gennemsnitlige møllepris i ruhedsklasse 1 udgør ca. 3,50 kr pr. kWh/år, jfr. søjlerne i Figur 8.



Figur 8

Møllerne 35 og 40 (Nordex 250 kW og Micon 400 kW) ligger lavest med under 3,00 kr, mens nr. 33 og 36 (HSW og Tacke, begge 250 kW) som de eneste ligger over 4,00 kr pr. kWh/år.

Det kan ikke udfra [3] konstateres stigende eller faldende møllepris pr. kWh/år for voksende generatorstørrelse. Derimod ses, at de danske møller gennemgående er billigst. Ingen af de fem udenlandske møller i undersøgelsen ligger således blandt de seks billigste pr. kWh årsproduktion.

II. Møllepris i forhold til rotorarealet

Der er desuden - ligeledes på grundlag af [3] - beregnet møllepriser i forhold til det bestrøgne rotorareal. Det ses af den nederste kurve i Figur 8, at investeringen i forhold til det bestrøgne rotorareal i gennemsnit er 3.000 - 3.500 kr/m².

Prisen for møllerne 37, 34 og 40 (Lagerwey 250 kW, Micon 250 og 400 kW) ligger under 3.000 kr/m², mens nr. 33, 42, 36, 41 og 39 (HSW 250 kW, Tacke 500 og 250 kW, Bonus 450 kW og Enercon 300 kW) koster over 3.500 kr/m².

Der kan ikke på baggrund af [3] konstateres stigende eller faldende møllepris pr. m² rotorareal ved voksende generatorstørrelse. Derimod ses, at med undtagelse af mølle nr. 37 (Lagerwey 250 kW) er de danske vindmøller generelt billigere pr. m² end de undersøgte udenlandske møller.

III. Møllepris i forhold til generatoreffekten

Endvidere er udfra [3] beregnet møllepris i forhold til generatoreffekten. Det ses af den øverste kurve i Figur 8, at der er store forskelle i prisen pr. kW generatoreffekt. I gennemsnit er investeringen 7 - 8.000 kr/kW.

For tre vindmøller, nr. 40, 37 og 34 (Micon 400 kW, Lagerwey og Micon 250 kW) ligger prisen under 6.000 kr/kW. Omvendt er prisen for møllerne nr. 39 og 32 (Enercon 300 kW og Vestas 225 kW) opgjort til over 8.000 kr/kW.

Der kan ikke med udgangspunkt i [3] konstateres stigende eller faldende møllepris pr. kW ved voksende generatorstørrelse.

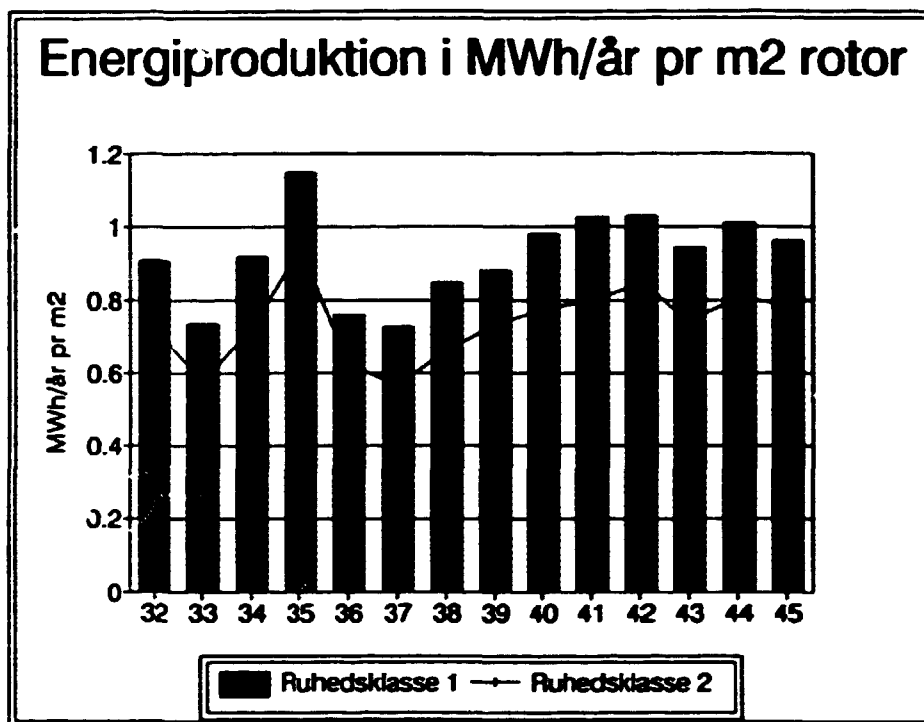
IV. Møllepris pr. hhv kWh årsproduktion, rotorareal og generatoreffekt

Møllepriserne pr. henholdsvis kWh årsproduktion i ruhedsklasse 1, m² rotorareal og kW generatoreffekt er angivet i Figur 8. Der er således tale om en sammenfatning af afsnittene I - III.

Det kan på grundlag af [3] konstateres, at mølleprisen pr. kWh årsproduktion såvel som pr. m^2 -rotorareal og pr. kW generatoreffekt varierer betydeligt. Variationen er størst for de undersøgte udenlandske vindmøllefabrikater.

V. Årsenergiproduktion i forhold til rotorarealet

De undersøgte vindmøllers energiproduktion pr. bestrøget rotorareal er beregnet i ruhedsklasserne 1 og 2 på grundlag af [3]. Resultatet fremgår af Figur 9.



Figur 9

Det ses, at de fleste vindmøller har en årlig produktion på 800 - 1000 kWh/m² for ruhedsklasse 1 og 650 - 900 kWh/m² for ruhedsklasse 2.

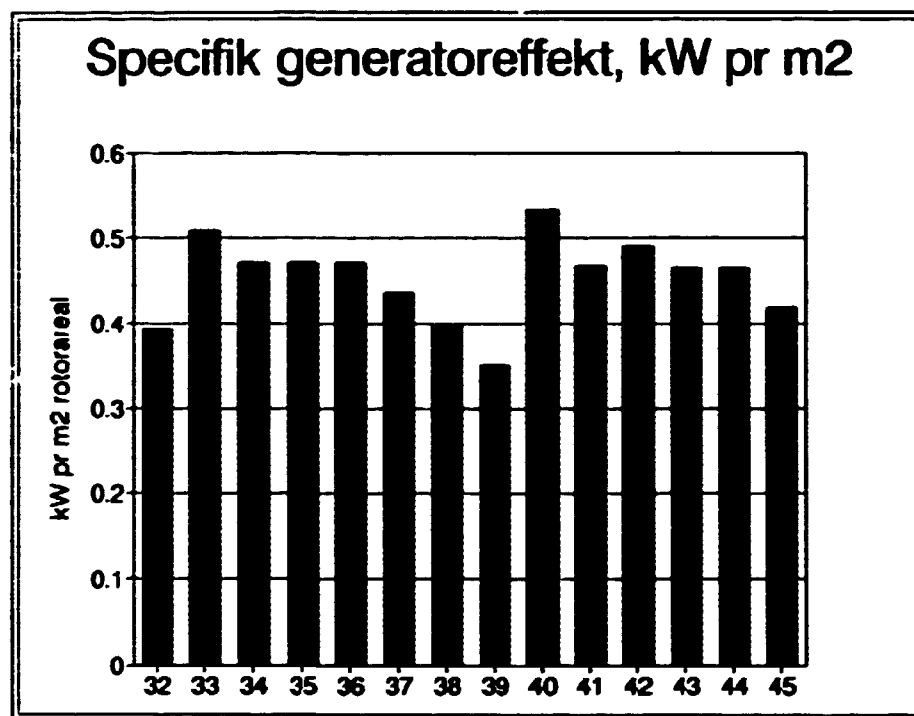
Fire møller, nr. 35, 44, 41 og 42 (Nordex 250 kW, WindWorld og Tacke 500 kW samt Bonus 450 kW, alle med min. 35 m navhøjde) ligger over 1000 kWh/m² i ruhedsklasse 1 og på 800 kWh/m² eller derover i ruhedsklasse 2.

Omvendt ligger møllerne 37, 33 og 36 (Lagerwey, HSW og Tacke 250 kW) under 800 kWh/m² i ruhedsklasse 1 og på ca 600 kWh/m² i ruhedsklasse 2.

På grundlag af [3] kan der konstateres en stigende energiproduktion pr. m² rotorareal ved voksende generatorstørrelse. Denne tendens kan dog delvis forklares gennem forskelle i tårnhøjden, idet møller med nav-/tårnhøjde over gennemsnittet (møllerne nr. 35 og 40 - 45) også har produktionstal over gennemsnittet.

VI. Generatoreffekt i forhold til rotorarealet (specifik effekt)

Generatoreffekten er beregnet i forhold til det bestrøgne rotorareal på baggrund af [3]. Resultatet ses af Figur 10.



Figur 10

Det fremgår af Figur 10, at den specifikke generatoreffekt i gennemsnit udgør 400 - 500 W/m². For møllerne 39, 32 og 38 (Enercon 300 kW, Vestas 225 kW og Nordtank 300 kW) er den specifikke effekt under 400 W/m². Derimod har nr. 40 og 33 (Micon 400 kW og HSW 250 kW) en specifik effekt over 500 W/m².

På grundlag af [3] kan der hverken konstateres stigende eller faldende specifik generatoreffekt ved voksende generatorstørrelse for de undersøgte møller.

VII. Vindmøllernes benyttelsestid

På baggrund af [3] er endelig beregnet vindmøllernes benyttelsestid. I gennemsnit udgør denne godt 2.000 timer/år i ruhedsklasse 1 og godt 1.600 timer/år i ruhedsklasse 2, jfr. bilag 2 A.

For møllerne 39 og 45 (Enercon 300 kW og Vestas 500 kW er benyttelsestiden opgjort til over 2.400 timer/år i ruhedsklasse 1 og over 2.000 timer/år i ruhedsklasse 2.

Omvendt er benyttelsestiden for nr. 33, 36 og 37 (HSW, Tacke og Lagerwey 250 kW) beregnet til under 1.700 timer/år i ruhedsklasse 1 og under 1.500 timer/år i ruhedsklasse 2.

Ud fra [3] kan der hverken konstateres stigende eller faldende benyttelsestid ved stigende generatorstørrelse.

5. SAMMENLIGNING AF DE TRE UNDERSØGELSER

I dette kapitel sammenlignes resultaterne af undersøgelserne i Kapitel 3 og 4 med henblik på kommentering af:

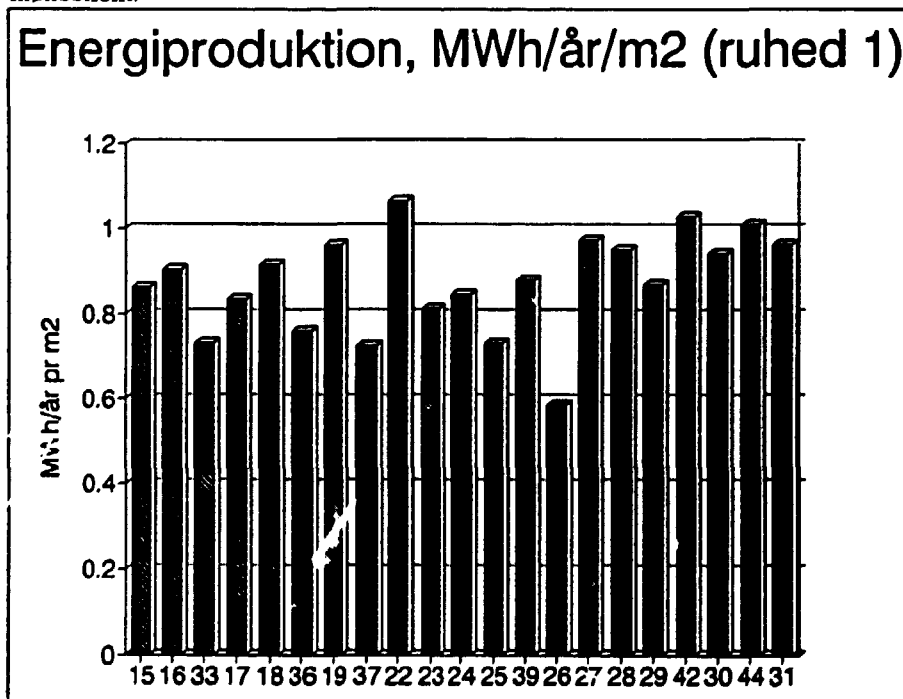
- a. skalafordele eller -ulempen for vindmøller
- b. prisen på danske møller i Danmark og Tyskland
- c. danske og udenlandske vindmøllers ydelse og økonomi
- d. forskelle i møllekoncept
- e. vægten af mølletoppen

For at få et så ensartet sammenligningsgrundlag som muligt for danske og udenlandske vindmøller, tages udgangspunkt i de vindmøller, som indgår i Elkrafts data [2], suppleret med tyske data [3] vedrørende de møller, der ikke er med i [2]. Kapitlet afsluttes med en konklusion.

a. Skalafordele eller -ulempen ved større vindmøller

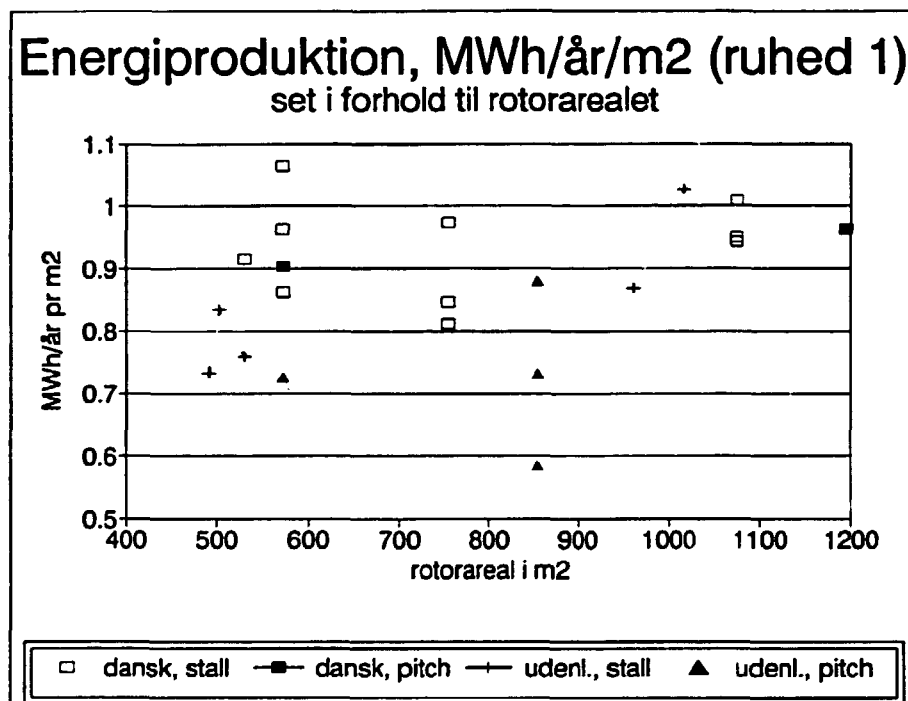
Eventuelle skalafordele eller -ulempen belyses ved beregning af vindmøllernes årsenergiproduktion pr. m^2 rotorareal og beregning af mølleprisen pr. kWh/år.

Energiproduktionen pr. m^2 bestrøget areal fremgår af Figur 11, hvor vindmøllerne er angivet efter stigende generatoreffekt. På grundlag af [2] og [3] kan der konstateres en svag tendens til stigende energiproduktion pr. m^2 ved øget mølleffekt.



Figur 11

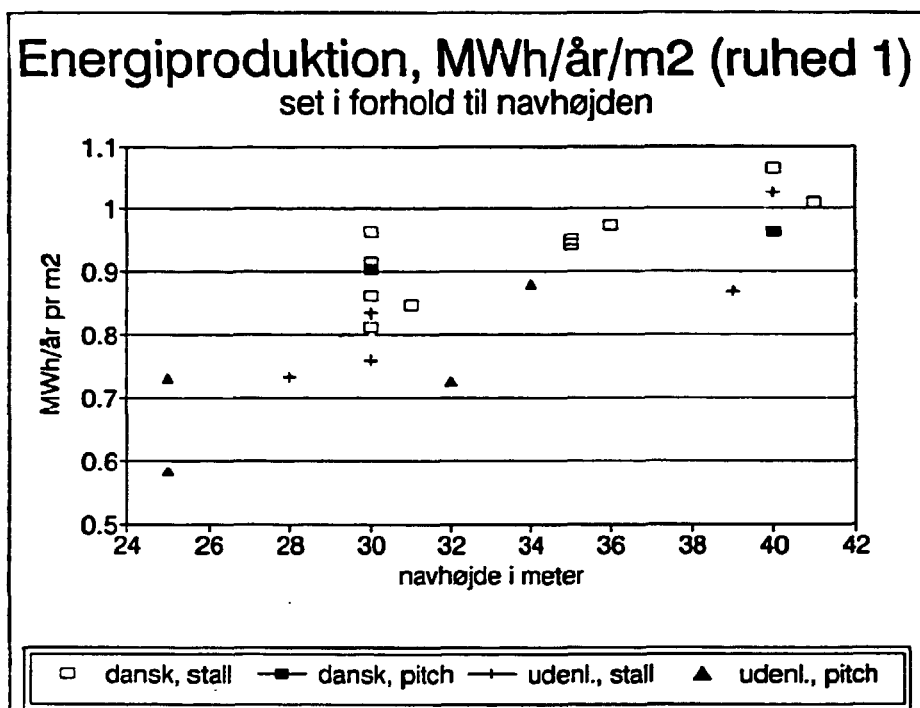
I Figur 12 er årsydelsen i kWh pr. m² angivet som funktion af rotorarealet. Udfra [2] og [3] kan ligeledes ses en tendens til stigende årsydelse pr. m² ved stigende rotordiameter.



Figur 12

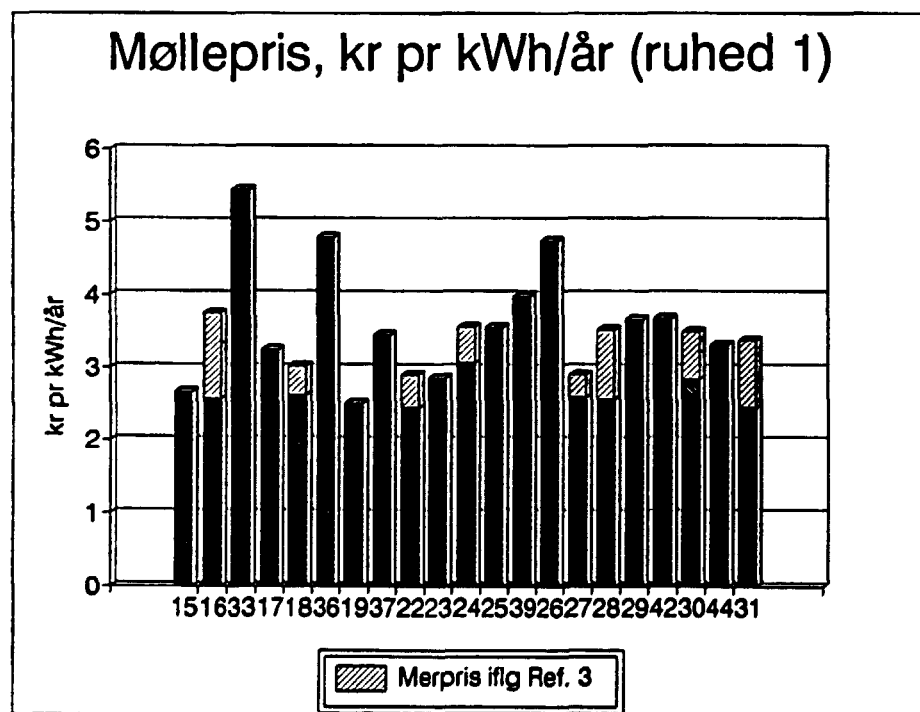
Stigningen i energiproduktion ved voksende møllestørrelse synes dog hovedsagelig at kunne forklares udfra forskelle i navhøjde. På grundlag af [2] og [3] er m²-ydelsen beregnet. Resultatet fremgår af Figur 13. Det ses, at m²-ydelsen vokser med stigende navhøjde. Af de danske fabrikanten benytter kun Vestas egne vinger, mens de øvrige anvender én vingefabrikant, LM Glasfiber. Dette kan forklare, at energiproduktionen pr. m² rotorareal er så ens for især de danske vindmøller. Der er dog variationer mellem de enkelte møllefabrikater med hensyn til bl.a. navdiameter, således at der trods identiske vinger forekommer forskelle i det bestrøgne areal.

På grundlag af [2] og [3] kan der ikke konstateres sammenhæng mellem møllestørrelse og møllepris for vindmøller over 200 kW generatoreffekt. Figur 14 viser således stort set konstant møllepris på 2,50 - 3,00 kr. pr. kWh årsproduktion (i ruhedsklasse 1) uanset mølleeffekten. Prisen på de store møller skal formodentlig ses i sammenhæng med, at de store vindmøller endnu kun findes i få eksemplarer, hvorfor prisen måske i højere grad afspejler, hvad markedet kan bære end de aktuelle omkostninger ved produktion af møllerne.



Figur 13

Figur 14



Når investeringen udover af fabrik-prisen medregnes (fundament, installation og nettilslutning mv.), må der dog forventes at være en positiv skalæffekt.

I Danmark har der i begyndelsen af 1990'erne været betydelige skalafordele ved stigende møllestørrelse op til ca. 150 kW, mens møller over 150 kW oftest har været mindre økonomiske, jfr. [7]. Ultimo 1992 synes der ifølge [1] at være skalafordele ved møller op til 250-500 kW.

b. Prisen for danske vindmøller i Danmark og Tyskland

Til sammenligning af økonomien for de enkelte vindmøller er på grundlag af [1-3] beregnet mølleprisen pr. kWh/år. Resultatet er anført i Tabel 2 for de af de danske vindmøller over 200 kW, som både indgår i Elkrafts og den tyske undersøgelse (ruhedsklasse 1).

Tabel 2. Vindmøllepriser i Danmark og Tyskland. Kr pr. kWh/år i ruhedsklasse 1.

Mølle nr.	Mølle navn	Effekt i kW	Pris i Tyskland		Prisindex i Danmark	
			kr/kWh/år	index	VM-oversigten	Elkraft
7, 16, 32	Vestas	225	3,75	100	74(80)	68
8, 18, 34	Micon	250	3,03	100	84	86
10, 22, 35	Nordex	250	2,92	100	86	84
11, 24, 38	Nordtank	300	3,57	100	80	86
13, 27, 40	Micon	400	2,92	100	85	89
14, 28, 41	Bonus	450	3,52	100	-(71)	73
-, 30, 43	Nordtank	500	3,54	100	-	81
-, 31, 45	Vestas	500	3,13	100	-	72
Gennemsnit for de 8 møller			3,30	100	82	80

For Bonus 450 kW (mølle 14) er ikke i [1] angivet møllepris pr. 1. september, hvorfor prisen for en tidligere version af Bonus 450 kW fra 1. april 1992 er anvendt.

Det fremgår af tabellen, at prisniveauet for de undersøgte danske vindmøller over 200 kW er ca. 80% af prisen på tilsvarende danske mølletyper i Tyskland. Prisen på danske vindmøller er altså i gennemsnit 25 % højere i Tyskland end i Danmark. Desuden fremgår det, at der kun er lille prisforskel mellem de to danske undersøgelser.

Tallene i parentes viser prisindexet fra Vindmølleoversigten fra april 1992. Det ses, at prisen i Danmark for Vestas 225 kW - den dyreste af de undersøgte danske møller i Tyskland - ifølge vindmølleoversigten er reduceret ca. 8 % fra april til september 1992. Det er ikke undersøgt, om der er sket et tilsvarende prisfald på det tyske marked.

c. Danske og udenlandske vindmøllers ydelse og økonomi

Der er endvidere med baggrund i [2] og [3] nedenfor foretaget en sammenligning af danske og udenlandske vindmøller mht såvel energiproduktion pr. m² bestrøget areal som økonomi.

Energiproduktion pr. m² rotorareal

Af Figur 11 fremgår, at de undersøgte danske vindmøller i ruhedsklasse 1 producerer mellem godt 800 og knap 1.070 kWh/år pr. m². De udenlandske møller ligger alle mellem 730 og 870 kWh/år, bortset fra møllerne 26 og 42 (Windharvester 330 kW og Tacke 500 kW) med knap 600 hhv godt 1.000 kWh/år pr. m².

Samme forhold viser sig i Figur 12, hvor ydelsen pr. m² er angivet som funktion af rotorarealet, og i Figur 13, hvor ydelsen er angivet som funktion af navhøjden. På grundlag af [2] og [3] kan det således konstateres, at de danske møller ydelsesmæssigt ligger i toppen blandt de undersøgte møller, også når der tages hensyn til navhøjden.

Møllepris pr. kWh årsproduktion

Mølleprisen pr. kWh årsproduktion er beregnet for de danske og udenlandske vindmøller. Resultatet fremgår af Figur 14. Hvor de danske vindmøller optræder både i [2] og [3], er prisen angivet for begge.

På grundlag af [2] og [3] kan det konstateres, at de danske vindmøller generelt er billigere end de udenlandske møller pr. kWh årsproduktion, jfr. Figur 14. For ruhedsklasse 1 er prisen for de udenlandske møller mellem 3,20 og 5,45 kr, mens de danske møller ligger på 2,25 - 3,10 kr pr. kWh/år i Danmark [2] og på 2,92 - 3,75 kr. pr. kWh/år i Tyskland [3]. Selv når der sammenlignes med de (højere) danske vindmøllepriser i Tyskland, er kun de hollandske møller nr. 17 og 37 (NedWind og Lagerwey 250 kW) prismæssigt på niveau med de danske.

Samfundsøkonomiske produktionsomkostninger for vindmøllestrøm

Den samfundsøkonomiske produktionspris for vindmøllestrøm (ruhedsklasse 1) er nedenfor vurderet med udgangspunkt i Energistyrelsens vindmølleøkonomirapport [6]. De anvendte anlægspriser udover mølleprisen af fabrik må ligesom driftsudgifterne vurderes at være over gennemsnittet for nyere danske vindmøller, jfr. Kapitel 2.

Anlægsomkostninger: mølleprisen med tillæg af 40 % (heraf fundament 10 %, nettilslutning 20 % og andet 10 %).

Der forudsættes 40 % tillæg til mølleprisen for alle vindmøller på 150 - 500 kW. Da der er skalafordele ved fundament og "andet", forudsættes implicit stigende omkostninger til nettilslutning pr. kW ved øget møllestørrelse. Denne situation vil i praksis forekomme såfremt mindre vindmøller fortrinsvis opstilles i områder med tilstrækkelig kapacitet i elnettet, mens større møller i højere grad vil nødvendiggøre (fremskyndet) forstærkning af 10/20 kV nettet. Der vil dog være meget forskellige udgifter til nettilslutning afhængig af de lokale forhold.

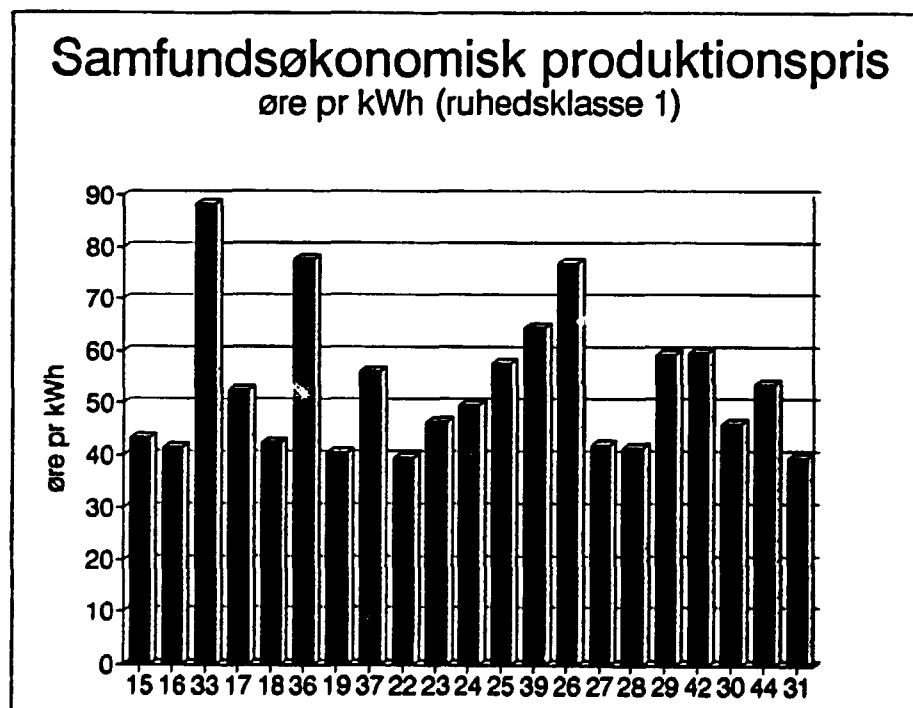
Driftsomkostninger: 3 % af mølleprisen (excl. tillæg af 40 %) pr. år.

Driftsudgifterne indeholder alle drifts- og vedligeholdelsesudgifter inkl. forventede udskiftninger.

Der er forudsat 7 % kalkulationsrentefod og 20 års levetid.

Som nævnt i Kapitel 2 må tillægget på 40 % til mølleprisen såvel som driftsudgifter på 3 % af mølleprisen betragtes som pessimistiske.

Resultatet af de samfundsøkonomiske beregninger i ruhedsklasse 1 fremgår af Figur 15. Det ses, at den samfundsøkonomiske produktionspris med de givne forudsætninger giver samme relative fordeling mellem vindmøllerne som i Figur 14.



Figur 15

På grundlag af [2] og [3] (hvor møllen ikke indgår i [2]) kan de samfundsøkonomiske produktionspriser for danske vindmøller beregnes til mellem 39,6 og 53,6 øre/kWh. Billigst er nr. 31 og 22 (Vestas 500 kW og Nordex 250 kW, mens nr. 24 (Nordtank 300 kW) er dyrest. For de udenlandske møller fås tilsvarende priser på 52,5 - 88,2 øre/kWh. Her er nr. 17 (NedWind 250 kW) billigst, mens nr. 33 (HSW 250 kW) er dyrest.

Som anført i Kapitel 2 skal produktionspriserne dog tages med forbehold, idet der specielt for HSW og Windharvester er usikkerhed omkring årsproduktionen. Desuden er de udenlandske vindmøllepriser i langt højere grad end de danske baseret på de højere priser i Tyskland [3]. For større vindmøller er der desuden næppe fundet et naturligt prisleje p.g.a. det endnu begrænsede antal møller.

d. Forskelle i møllekoncept

Langt hovedparten af de undersøgte vindmøllerne er stall-regulerede, 3-bladede møller med konstant omdrejningshastighed. I dette kapitel er på grundlag af [2] og [3] undersøgt 15 stall-regulerede møller, seks pitch-regulerede møller, to møller med variabel hastighed og tre 2-bladede møller.

Pitch-regulering og variabel omløbshastighed giver mulighed for højere energiudbytte pr. m² rotorareal end ved traditionel stall-regulering, specielt ved vindhastigheder før stall. Ifølge Rasmussen og Kretz [9], vil 2-bladede vindmøller give 4 - 6 % lavere energiproduktion pr. m². Imidlertid kan mølleprisen efter optimering forventes ca. 15 % lavere pr. kWh end for 3-bladede vindmøller. Det er vanskeligt på det foreliggende grundlag at vurdere betydningen af de forskellige alternative møllekoncepter, idet de utraditionelle koncepter hovedsagelig findes i små serier eller som prototype-møller.

Pitch-regulerede vindmøller

Energiproduktionen pr. m² bestrøget areal for den ene af de danske pitch-regulerede møller i undersøgelsen, nr. 16 (Vestas 225 kW), er højere end for de stall-regulerede møller. Dette ses tydeligst af Figur 13, hvor der er korrigeret for forskelle i navhøjde.

Når der sammenlignes med de øvrige vindmøller med en specifik effekt under 0,45 kW pr. m² rotorareal (Micon 200 kW, Bonus 300 og 450 kW samt Nordtank 300 kW) ligger Vestas 225 kW klart over gennemsnittet for de stall-regulerede møller.

For den anden af de to danske pitch-regulerede møller, nr. 31 (Vestas 500 kW), og for de udenlandske pitch-regulerede møller, nr. 37, 25, 39 og 26 (Lagerwey 250 kW, WEG 300 kW og Enercon 300 kW samt Windharvester 330 kW) er det

vanskeligt at drage konklusioner, men umiddelbart ses kun en merydelse (i forhold til de øvrige udenlandske møller) for WEG og Enercon.

Med hensyn til møllepris pr. kWh/år ligger begge de danske pitch-regulerede møller gunstigere end gennemsnittet for danske møller, jfr. Figur 14. Det er ikke undersøgt hvorvidt dette evt. modsvares af større driftsudgifter for de pitch-regulerede møller.

De udenlandske møller nr. 37 og 25 (Lagerwey 250 kW og WEG 300 kW) ligger prismæssigt under gennemsnittet for udenlandske møller, mens nr. 26 og 39 (Windharvester 330 kW og Enercon 300 kW) ligger over gennemsnittet.

Variabel hastighed

Der er kun to vindmøller med variabel hastighed, nr. 37 og 39 (Lagerwey 250 kW og Enercon 300 kW), hvoraf den første kun findes i prototype. Derfor er der ikke tilstrækkelig grundlag for at drage konklusioner.

Det ses dog af Figur 13, at Enercon 300 kW ligger ydelsesmæssigt blandt de bedste udenlandske møller, mens Lagerwey 250 kW er placeret i bunden - også selvom der korrigeres for, at møllen er 2-bladet. Prismæssigt ligger Lagerwey blandt de billigste udenlandske møller pr. kWh/år, mens Enercon nogenlunde svarer til gennemsnittet for disse, jfr. Figur 14.

2-bladede vindmøller

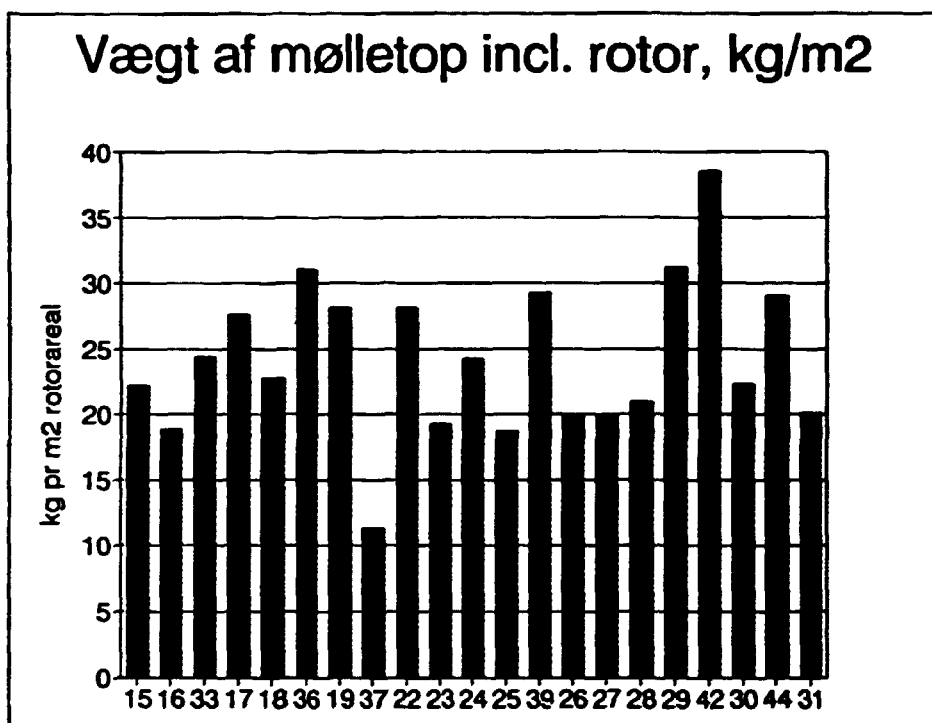
Der er tre 2-bladede vindmøller med i undersøgelsen, nemlig nr. 37, 25 og 29 (Lagerwey 250 kW, WEG 300 kW og NedWind 500 kW). De to sidstnævnte har en produktion pr. m² omkring gennemsnittet for de udenlandske møller, mens Lagerwey ligger under - langt mere end de teoretiske 4-6 % ifølge [9].

Prismæssigt er alle 2-bladede møller placeret blandt de billigste udenlandske møller, jfr. Figur 14. Kun den 3-bladede NedWind 250 kW er billigere.

e. Vægten af mølletoppen

Vægten af mølletoppen (inkl. rotor) i forhold til det bestrøgne areal og årsenergiproduktionen er bl.a. udtryk for, hvor meget den enkelte mølles materialeforbrug er optimeret. For vindmøller af ensartet koncept er en relativ lav vægt ofte en indikation af, at vindmøllen er relativt veloptimeret, og dermed ofte relativ økonomisk.

De 2-bladede møller vil alt andet lige være betydelig lettere end de 3-bladede. Møllerne nr. 37 og 25 (Lagerwey 250 kW og WEG 300 kW) ligger da også under gennemsnittet mht topvægt, navnlig for den førstes vedkommende. Den sidste 2-bladede mølle, nr. 29 (Nedwind 500 kW) er imidlertid tungere end gennemsnittet i forhold til det bestrøgne areal, jfr. Figur 16.

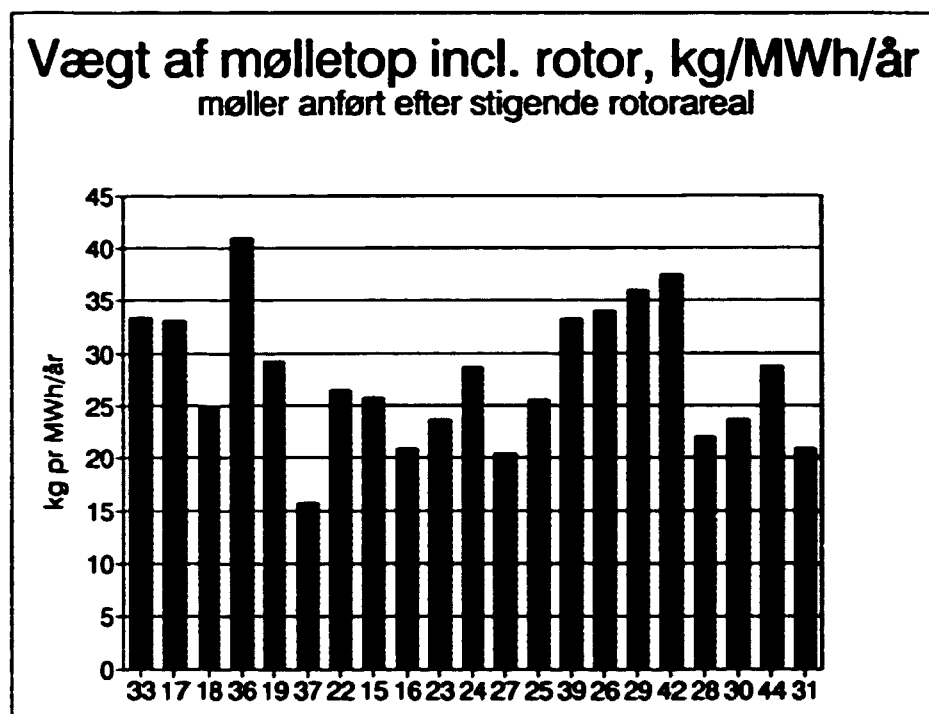


Figur 16

Af Figur 16 fremgår desuden, at de danske og britiske møller i gennemsnit vejer ca. 20 kg/m² bestrøget areal, bortset fra møllerne 19/22 og 44 (Nordex 250 kW og WindWorld 500 kW) med knap 30 kg/m². Nr. 37 (Lagerwey 250 kW) er lettest med under 12 kg/m². De øvrige udenlandske møller vejer 24 - 38 kg/m².

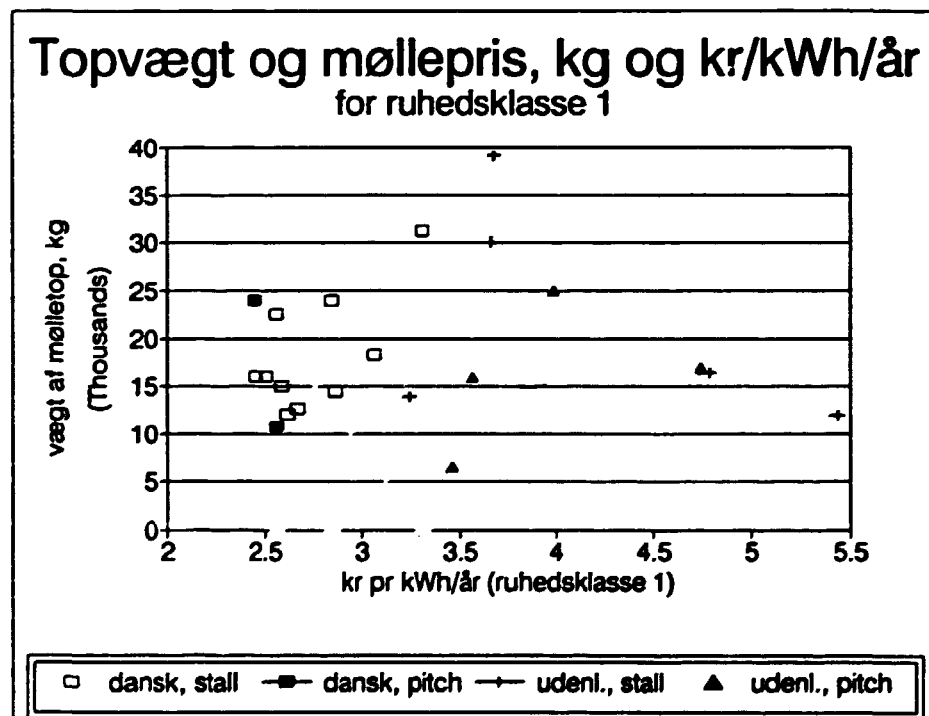
Også set i forhold til årsenergiproduktionen er Lagerwey lettest med ca. 16 kg pr. MWh/år, jfr. Figur 17, hvor vindmøllerne er angivet efter stigende rotorareal. De danske møller ligger ligesom nr. 25 (WEG 300 kW) på 19 - 29 kg pr. MWh/år, mens de øvrige udenlandske vejer 33 - 41 kg pr. MWh/år.

De danske og de britiske vindmøller - men især den 2-bladede hollandske vindmølle Lagerwey 250 kW (nr. 37) - vejer mindre pr. m² og pr. kWh/år end gennemsnittet.



Figur 17

I Figur 18 er mølleprisen pr. kWh årsproduktion (ruhedsklasse 1) angivet som funktion af topvægten.



Figur 18

På grundlag af [2] og [3] kan der ikke identificeres nogen sammenhæng mellem møllepris og vægt af mølletoppen. Dette gælder såvel for danske møller (alle under 3,10 kr pr. kWh/år bortset fra én på ca. 3,30 kr. pr. kWh/år) som for de udenlandske møller (alle øvrige over 3,10 kr pr. kWh/år).

Konklusion

Med udgangspunkt i data fra Vindmølleoversigten [1], Elkraft [2] og Wind Kraft Journal [3], der baseret på oplysninger fra fabrikterne, er der foretaget en teknisk-økonomisk undersøgelse af en række danske, tyske, hollandske og britiske vindmøller.

Undersøgelsen viser på grundlag af [1 - 3], at de danske vindmøllefabrikanter fortsat teknisk-økonomisk har et forspring i forhold til de undersøgte udenlandske konkurrenter hvad angår stall- og pitch-regulerede, 3-bladede vindmøller med konstant hastighed. Dette er bl.a. udtrykt ved relativt større energiproduktion pr. m² bestrøget rotorareal og lavere vægt af mølletoppen i forhold til rotorarealet.

Det fremgår imidlertid også, at der i Holland, Tyskland og UK sker en hurtig udvikling med hensyn til optimering og opskalering af traditionelle mølletyper og introduktion af nye møllekoncepter, herunder 2-bladede møller og møller med variabel omløbshastighed.

Også økonomisk er de danske vindmølleproducenter foran. På grundlag af [2] og [3] er den beregnede samfundsøkonomiske kWh-pris for de undersøgte danske vindmøller med rørtårne (inkl. fundament, nettilslutning mv.) vurderet til 39,6 - 49,7 øre pr. kWh ved opstilling i Danmark og 47,3 - 60,8 øre/kWh i Tyskland. Billigste udenlandske møller i undersøgelsen har tilsvarende en produktionspris på 52,5 øre pr. kWh ved opstilling i Danmark og 56,1 øre pr. kWh ved opstilling i Tyskland.

Der er imidlertid et betydeligt højere prisniveau (ca. 25 %) for danske vindmøller i Tyskland end på hjemmemarkedet. De danske priser gælder i hele landet (excl. evt. færgefragt). Alle danske vindmølleproducenter ligger i Jylland og har desuden salgs- og/eller produktionsselskab i Tyskland. Det er derfor bemærkelsesværdigt, at prisforskellen er så markant. Lokale forhold kan dog begrunde en del af det højere tyske prisniveau. Der vil eksempelvis være tale om omkostninger til gebyrer o.l., ligesom der kan være større markedsføringsomkostninger i Tyskland.

Den skarpe konkurrence mellem de danske mølleproducenter på hjemmemarkedet kendes således ikke syd for grænsen. Forklaringen herpå kan være, at de danske producenter primært prisfastsætter efter, hvad de tyske markedsforhold kan bære - fremfor at satse på større markedsandele.

Der kan ikke påvises sammenhæng mellem vindmøllestørrelsen (målt som generatoreffekt eller m² rotorareal) og mølleprisen pr. produceret kWh. Det kan dog forudses, at der vil ske en forbedring af økonomien ved større møller (ca. 500 kW og derover) i de kommende år, bl.a. fordi det er her hovedparten af udviklingsindsatsen og den fremtidige konkurrence forventes at finde sted, ligesom det større antal store møller vil kunne billiggøre både komponenter og produktionsproces.

Tendensen til skalafordele på produktionssiden vil imidlertid ikke nødvendigvis straks slå igennem på købersiden som følge af placeringsproblemer/flaskehalse for eksempelvis elværkernes udbygning i Danmark og udlandet.

Undersøgelsen viser iøvrigt også, at der ikke er korrelation mellem møllernes generatoreffekt og mølleprisen pr. kWh/år. Det er derfor ikke rationelt at fokusere på investeringen pr. kW ved investering i møller.

Blandt de undersøgte udenlandske mølletyper synes følgende møller mest interessante:

Enercon 300 kW er 3-bladet og anvender (ligesom den 2-bladede Lagerwey) pitch-regulering kombineret med variabel hastighed. Enercon, der er en tysk virksomhed, har iøvrigt i 1992 udviklet en 500 kW prototype mølle uden gear.

Lagerwey 250 kW er en meget let og relativt økonomisk mølle, som endnu kun findes som prototype. Møllen påtænkes produceret i det tidligere DDR, hvilket kan være forklaringen på den relativt lave pris. Hidtil har virksomheden, der er hollandsk ejet, kun produceret møller under 100 kW.

NedWind er en ret ny hollandsk virksomhed dannet ved fusionering af Bouma og Newinco, som har leveret et større antal 3-bladede 250 kW møller og enkelte 2-bladede 500 kW møller. Førstnævnte har idag klart den billigste kWh-pris af de to typer.

WEG 300 kW har i flere år været produceret af de britiske ejere. Den 2-bladede, pitch-regulerede mølle forventes i 1993 at blive fulgt af en mere økonomisk 400 kW-udgave.

Som hovedkonklusion kan det konstateres, at de danske vindmøllefabrikanter idag er foran de undersøgte udenlandske konkurrenter. For at forbedre danske vindmøllers økonomi og for at opretholde det teknisk-økonomiske forspring i forhold til udlandet, er det fortsat nødvendigt at satse på forskning, udvikling, godkendelse og afprøvning etc.

6. REFERENCER

- [1] Vindmølleoversigten. Informationssekretariatet for Vedvarende Energi, DTI, Tåstrup, (kvartalsvis oversigt over systemgodkendte danske vindmøller).
- [2] Tekniske og økonomiske data indsamlet af Elkraft hos en række danske og udlandske vindmøller, maj - juni 1992. Ikke-publiceret materiale. Elkraft A.m.b.A.
- [3] Wind Kraft Journal & Natürliche Energie nr. 1/1992. Verlag Natürliche Energie, Breckendorf, Deutschland.
- [4] European Wind Atlas. Risø National Laboratory, 1989.
- [5] Eurowin - European Wind Turbine Data Base, Annual Report 1990 & 1991. Fraunhofer-Institute for Solar Energy Systems, Freiburg, Germany.
- [6] HSW-250 - The Husum Wind Power Installation. European Community Demonstration Projects for Energy Saving and Alternative Energy Sources. Number 113. Brussels 1989.
- [7] Privatejede vindmøllers økonomi, Rapport fra styregruppen for undersøgelse af privatejede vindmøllers økonomi. Energistyrelsen juni 1991.
- [8] P.H. Jensen, P.E. Morthorst og J. Schmaltz-Jørgensen. Vindmølleøkonomi. Undersøgelse af økonomien for den private vindmølleudbygning i Danmark baseret på en spørgeskemaundersøgelse. Forskningscenter Risø, juni 1990.
- [9] Fl. Rasmussen og A. Kretz: Dynamics and Potentials for the Two-bladed Teetering Rotor. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, June 1992.

Typegodkendte vindmøller

September 1992

Fabrikant	Mølletype	Typegodkendelsesnummer	Generatorsførelse (kW)	Rotordiameter (m)/beregnet ud fra m	Tårnhøjde (m)	Tårntype	Antal leverede i Danmark	Antal leverede i alt	Kvalitetssikringsystem certificeret af *	Kildesøj/ støjafstand ved 45 dB(A)	Energiproduktion i ruhedsklasse 0 (MWh/år)	Energiproduktion i ruhedsklasse 1 (MWh/år)	Energiproduktion i ruhedsklasse 2 (MWh/år)	Energiproduktion i ruhedsklasse 3 (MWh/år)	Effektkurve målt af	Møllepris inkl. transport, opstilling og indførelse, ekskl. færdigfragt	Pris standardfundament	Pris eltilslutning ekskl. netforstærkning	Pris fjernovervågning inkl. telefon	Pris servicekontrakt A og kontraktens dækning	Pris servicekontrakt B og kontraktens dækning	Reparationsomkostninger og dækning	Garantiperiode og omfang	
Borres Energy A/S Folmervej 4 7130 Brøndby Telefon 37 18 11 22 Telefax 37 17 30 88 Tele 60 806 dansk dk	130 kW MC 82	B-105-1	130	23,84/30	30	Mølle Gulv, Gulv	280	435	Norvik Veritas	91,84/0 m	576	377	305	304	Feb./ Rise	1.020.000 980.000 940.000 1.700.000 1.665.000	65.000	25.000	10.300.000	5.954. El hovedforsyning + et halvårligt besøg med efterovervågning	9.760. El hovedforsyning + et halvårligt besøg med efterovervågning samt 3 udfald.	275. Inkl. besøg	1 år. Totalt minimum 10 år.	
	KOMBI 300 kW	B-105-1	300	31,7/35	30	Mølle Gulv, Gulv	12	40		99,9/200 m	986	613	484	306		1.700.000 1.665.000	80.000	30.000		6.982. Dækning som ovenstående.	14.640. Dækning som ovenstående.			
	430 kW MC 82	B-105-1	430	31,7/35	30	Mølle Gulv, Gulv	29	39		97,7/135 m	1576	1022	823	572		Dato oplyst	125.000	35.000		17.000. Dækning som ovenst.	19.520. Dækning som ovenst.			
Norse A/S Møllevang 8, Helsingør 8000 Randers Telefon 86 46 76 89 Telefax 86 46 77 48	M370-230/40 kW	B-105-2	230	21,6/23	30	Rør	25	75	Norvik Veritas	97,1/45 m	702	496	384	254	Skærbæk Leibner Veritas	1.385.000 1.235.000 1.235.000	Ca. 60.000	Ca. 25.000	20.000	8.792. Inkl. besøg			5-5 år. 1 år på brændstof - 2 år på andre komponenter. 5 år på hovedmotor, generator, kontrolenhed.	
	M330-230/30 kW	B-105-1	230	26,5/34	30	Rør	76	140		97,1/45 m	706	486	382	244			Ca. 70.000	Ca. 30.000		9.600. Inkl. besøg				
	M370-400/60 kW	C-101	400	34,7/35	36	Rør	10	10		99,1/140 m	1177	735	542	385										
Norse Energy A/S Svendborg 7320 Gørre Telefon 73 73 40 89 Telefax 73 73 41 47	Nordev 230 kW	B-105-1	230/40	21,6/23	30	Rør Rør Rør	10	17	Norvik Veritas	Dato oplyst	871 911	531 1.100	442 498	244 347	Feb.	1.350.000 (op) 1.410.000 (op) 1.440.000 (op) 1.320.000 (op)	90.000 130.000	Ca. 25.000	Inkl. med enkel telefon.	13.000. 3 år på el, rest monteret. Full overvågning af møllen samt 3 udfald ud- talt. For service de 2 første år.		230 Inkl. besøg	3 år. Høje mølle, med for- styrrelse og udvinding af defekte dele uden behov for rest. skidde.	
Nordbæk Energy Group Nordbæk af 1987 A/S Nyholmsvej 8 8044 Ballerup Telefon 86 33 72 00 Telefax 86 33 72 70 Tele 63 403 dansk dk	NTK 130	B-102-1	130	24,6/27	31	Rør	174	372	Norvik Veritas	97,1/50 m	630	422	344	234	Tripled	1.080.000 1.815.000	60.000 75.000	Individuel	0. 300.	10.000. Hoved-, udvinding- og reparationsarbejde 2 udfald samt 1 udfald + 3 døgns per- sonarbejde.	Individuel	260. Besøg + kontrol dvs. kan det overvå- ges + 2 minutter, bort set 345 timer + 10 minutter + 10 minutter 345 timer	3 år. Totalt 10 år skidde.	
	NTK 300	B-102-1	300	31,7/35	30	Rør	30	54		98,1/75 m	1049	630	490	311		LM								
Vesta Wind Systems A/S Danish Wind Technology Søvej 27 8000 Lem Telefon 87 34 11 89 Telefax 87 34 14 84 Tele 60 722 dansk dk	V27-225 kW	B-105-1	225/60	27,6/37	30	Rør Gulv	299	825	Gem. Løyst. ISO 9002	97,1/40 m	808	518	446	275	Rise	1.430.000 1.400.000	60.000	Vestavet.	22.000 (inkl. 4 målb.)	12.600. 1 hoved- + 3 service- eftersyn. For kontrol, 20% re- par på reservedele. Kunden betaler transport og fjernovervågning.	9.400. 1 år på hoved- + 1 ser- viceeftersyn. For kontrol, 20% re- par på reservedele. Kunden betaler transport og fjernovervågning.	335. Inkl. værktøj og bål.	3 år. Forstyrrelse og udvinding af defekte dele uden behov for rest. skidde eller under fremstilling, samt overvågning af forstyrrelser.	
A/S Vesterby Wind (A/S Vestvind) Møllevangvej 38 8000 Løngby Telefon 86 46 33 22 Telefax 86 46 33 22 Tele 60 722 dansk dk	W-200/36	B-105-1	200	26,5/30	28,7	Rør	39	73		94,7/100 m	670	480	380	230	Feb.	1.345.000 1.400.000	60.000	35.000 + besøg	Inkl. pris, inkl. skidde	10.100. 2 år på el, rest monteret, efterovervågning af kom- ponenter, overvågning af kom- ponenter, kontrol af hovedmotor, statistik på hovedmotor, til- standskontrol af reservedele.		275 + besøg	1 år. Føl i konstruktion, mon- terer eller under fremstilling, samt overvågning af forstyrrelser i konstruktion.	
Wind World A/S Bøtvej 88 Telefon 86 46 49 11 Telefax 86 46 57 36	W-200/130	B-105-1	130	27,6/37	30	Rør	123	175	Norvik Veritas	97,1/20 m	645	433	353	240	Feb.	1.380.000 1.400.000	73.000	35.000	Inkl. pris, inkl. telefon.	13.500. 2 år på el, rest monteret, 20% re- par på reservedele. Kunden betaler transport og fjernovervågning.		Ved tegning af 10-års konstruktion kan man få 10 år på alle dele ved teg- ning af garanti, forudsat at komponenter.	3 år på alle dele. 10 år på alle dele ved teg- ning af garanti, forudsat at komponenter.	

Energiproduktionen i ruhedsklasserne er beregnet med vindatlasmetode version 6. Landsdelskorrektur 1 og vindstatistik Danmark 92 (Beldringe).

Alle priser er eksklusiv moms.

* Alle møller i oversigten er godkendt af Risø/Energistyrelsen, dog er kun Norske Veritas akkrediteret af den danske stat.

ELKRAFT A.m.b.A.
EV-V-kth

12.08.92

Bonus Combi 300 kW	ECU 225.000
Bonus 450 kW Mk III	ECU 335.000
Micon M570-200/40 kW	ECU 169.000
Micon M530-250/50 kW	ECU 163.000
Micon M570-400/100 kW	ECU 244.000
NedWind 25	NLG 400.000
NedWind 35	NLG 900.000
Nordtank NTK 300/31	ECU 250.630
Nordtank NTK 500/37	ECU 369.320
Nordex 250 kW	
30 m lattice tower	ECU 169.400
40 m lattice tower	ECU 180.700
30 m tubular tower	ECU 177.000
40 m tubular tower	ECU 190.800
Vestas V27-225 kW	ECU 170.000
Vestas V39-500 kW	ECU 360.000
WEG MS-3	ECU 286.000
WH 330	ECU 304.440

Bilag 2B

Modelnummer	Modelnavn	Effekt kW	Rotationshastighed m/s	Navthøjde m	Antalvinger	Effektregulering	Rotorhastighed	Mollestep kg	MWh/år ruhed1	MWh/år ruhed2	Mollestep kg/m2	Kr/AWh/år ruhed1	Kr/AWh/år ruhed2	kW/m2	MWh/m2 ruhed1	MWh/m2 ruhed2	Mollestep kg/m2	Kr/AWh/år ruhed1	Kr/AWh/år ruhed2	Mollestep kg/m2	kW/m2	MWh/m2 ruhed1	MWh/m2 ruhed2	Timer/år ruhed1	Timer/år ruhed2	Br/AWh ruhed1	Ref.
15	Micon	200	573	30	3	stall	konstant	12700	484	394	1,318	2,301	6,591	2,668	3,348	22,164	0,348	0,867	0,668	2,470	1,970	43,3	2				
16	Vestas	225	573	30	3	pitch	konstant	10800	518	418	1,328	2,314	5,883	2,580	3,188	18,848	0,363	0,904	0,728	2,302	1,848	41,5	2				
33	MSW	250	481	28	3	stall	konstant	12000	360	283	1,958	3,987	7,831	5,438	8,918	24,440	0,508	0,733	0,578	1,440	1,132	88,2	3				
17	NorthWind	250	503	30	3	stall	konstant	13900	420	328	1,360	2,704	5,440	3,258	4,134	27,834	0,487	0,835	0,654	1,680	1,316	52,8	2				
18	Micon	250	531	30	3	stall	konstant	12100	488	382	1,271	2,394	5,088	2,818	3,328	22,787	0,471	0,815	0,718	1,844	1,528	42,4	2				
38	Tecle	250	531	30	3	stall	konstant	18500	403	328	1,931	3,938	7,722	4,780	5,888	31,073	0,471	0,758	0,820	1,612	1,316	77,7	3				
18	Northwind R	250	572	30	3	stall	konstant	18100	551	442	1,381	2,414	5,522	2,508	3,124	28,147	0,471	0,883	0,773	2,204	1,788	40,8	2				
37	Lagerwey 25	250	572	32	2	pitch	variabel	6500	415	325	1,435	2,508	5,741	3,458	4,418	11,364	0,471	0,728	0,568	1,880	1,300	56,1	3				
22	Northwind R	250	572	40	3	stall	konstant	18100	608	488	1,480	2,805	5,858	2,448	2,882	28,147	0,437	1,085	0,871	2,438	1,992	39,7	2				
23	Bonus	300	755	30	3	stall	konstant	14500	613	484	1,755	2,325	5,850	2,883	3,628	18,205	0,397	0,812	0,841	2,043	1,813	48,4	2				
24	NorthWind	300	755	31	3	stall	konstant	18300	638	498	1,958	2,593	6,528	3,084	3,823	24,238	0,397	0,848	0,861	2,130	1,883	48,7	2				
25	VEG M53	300	855	25	2	pitch	konstant	18000	628	500	2,231	2,608	7,438	3,584	4,482	18,713	0,351	0,732	0,585	2,087	1,887	57,8	2				
38	Enroncon	300	855	34	3	pitch	variabel	25000	753	625	2,988	3,508	8,987	3,883	4,788	29,240	0,351	0,881	0,731	2,510	2,083	84,8	3				
28	Westwind	330	855	25	3	pitch	konstant	17000	500	380	2,371	2,773	7,185	4,742	6,240	19,843	0,388	0,885	0,844	1,818	1,182	78,8	2				
27	Micon	400	755	38	3	stall	konstant	15000	735	582	1,903	2,521	4,758	2,588	3,270	19,888	0,330	0,874	0,771	1,838	1,458	42,0	2				
28	Bonus	450	1075	35	3	stall	konstant	22500	1022	825	2,813	2,431	5,807	2,557	3,187	20,920	0,418	0,851	0,787	2,271	1,833	41,5	2				
28	NorthWind	500	982	38	2	stall	konstant	30000	835	683	3,060	3,181	8,120	3,885	4,480	31,185	0,588	0,888	0,710	1,870	1,388	58,4	2				
42	Tecle	500	1017	40	3	stall	konstant	38100	1044	859	3,842	3,777	7,823	3,840	4,472	36,446	0,682	1,027	0,845	2,068	1,718	59,7	3				
30	NorthWind	500	1075	35	3	stall	konstant	24000	1013	798	2,878	2,877	5,758	2,841	3,807	22,228	0,465	0,842	0,742	2,028	1,588	46,1	2				
44	Westwind	500	1075	41	3	stall	konstant	31200	1085	887	3,588	3,338	7,178	3,307	4,138	28,025	0,465	1,008	0,807	2,170	1,734	53,8	3				
31	Vestas	500	1185	40	3	pitch	konstant	24000	1150	938	2,888	2,350	5,818	2,442	3,000	20,084	0,418	0,882	0,783	2,300	1,872	38,8	2				

Forsikrings vedligeholdelse (7/8 1982): DM 380, ECU 780, M.G. 340
 ajourført dec. 1982

Was kosten die Anlagen 1992

Statistik der Landwirtschaftskammer Schleswig - Holstein, Kiel

Hersteller	Typ	Nennleistung in kW	Rotorfläche in m ²	Nabenhöhe in m	Preis ohne Fundam.	Garantie Monate	Wartungsvertrag DM/Jahr
ENERCON GmbH Dreieckamp 5 2960 Aurich 04941/1791-0 Fax 04941/1794-99	ENERCON-18/30	80	254	30	197.500 *	12	auf
	ENERCON-20/30	80	314	30	203.000 *	12	Anfrage
	ENERCON-20/34	80	314	34	215.800 *	12	
	ENERCON-33/34	300	855	34	769.000 *	12	auf
	ENERCON-33/38	300	855	38	794.000 *	12	Anfrage
Kähler Maschinenbau Hauptstraße 14/16 2246 Norderheistede 04836/202 • Fax 340	KANO-ROTOR 600-S	1,5	4,9	6	9.990	12	entfällt
	KANO-ROTOR 30/30,5	30	115	30,5	123.500	24	950
Husumer Schiffswerft Postfach 1320 2250 Husum 04841/630-0 • FAX 63010	HSW 30	20/33	123	14,5	95.000	24	980
	HSW 30	20/33	123	22,5	104.000	24	980
	HSW 250	80/250	491	28	502.000	24	3.250
Windtechnik-Nord Grüner Weg, 2263 Stedesand 0466/21414 • Fax 1424	WTN 200/26	200	531	30	393.000	24	3.000
	WTN 200/26	200	531	40	432.000	24	3.000
SÜDWIND GmbH Windkraftanlagen Küpenicker Str. 145 1000 Berlin 36 03066118514	E 305	6	9,1	18	45.100	12	750
	E 710	10	38,5	18-30	66.400	12	750
	N 715	3/15	38,5	18-30	62.100	12	750
	N 1230	6/30	123	18-30	106.700	12	980
	N 1245	6/45	123	18-30	109.200	12	980
VESTAS Deutsh. GmbH Otto-Hahn-Str. 2 2250 Husum 04841/71005 • Fax 71007	VESTAS V-20/100kW	110	314	24,0	198.000	24	1.990
	VESTAS V-27/225kW	30/225	572	31,5	498.000	24	3.984
	VESTAS V-39/500kW	500	1195	40,5	998.000	24	?
AN-Maschinenbau und Umweltschutzanlagen GmbH Waterbergstraße 11 2800 Bremen 21 0421/641077 • Fax 642282	AN-BONUS 150/30kW	30/150	415	30	355.000	24	3.500
	AN-BONUS 450 kW	450	962	35	890.000	24	6.500
NORDTANK WKA GmbH Osterport 2 2251 Osterfeld 04845/535 • Fax 1318	NORDTANK 150kW	150	475	32,7	340.000	24	3.000
	NORDTANK 300kW	300	755	31	585.000	24	3.300
	NORDTANK 500kW	500	1075	35	910.000	24	5.000

Was kosten die Anlagen 1992

Seite 2

Stand Januar 1992

Hersteller	Typ	Nennleistung in kW	Rotorfläche in m ²	Nabenhöhe in m	Preis ohne Fundam.	Garantie Monate	Wartungsvertrag DM/Jahr
Micon-Vertretung Fries & Partner Eschelsweg 27 V 2000 Hamburg 50 040/389685 • Fax 3800364	Micon M 300-55	55	300	30	208.000	24	3.000
	Micon M 570-200/40	40/200	570	30	387.500	24	3.000
	Micon M 570-200/40	40/200	570	36	404.500	24	3.000
	Micon M 530-250/50	50/250	530	30	377.500	24	3.000
	Micon M 750-250/50	50/250	530	36	394.500	24	3.000
	Micon M 530-250/50	50/250	750	36	525.000	24	3.000
TACKE-Windtechnik GmbH, Werk Rheine Rückler Damm 170 W-4440 Rheine 1 05971/790-204	Micon M 530-400/10	100/400	750	36	550.000	24	3.000
	TW 60/30	30/60	241	30	203.800	24	
	TW 60/40	30/60	241	40	220.800	24	0,5 % des Anlagen wertes
	TW 80/40	40/80	346	40	240.000	24	
	TW 250/80	80/250	531	30	495.000	24	
	TW 250/80	80/250	531	55	585.000	24	
wind strom frisia GmbH Marienstr. 32 4950 Münden 0571/28961 • Fax 21651	TW 500	500	1017	40	985.000	24	
	WIND WORLD W2700	150	573	31	409.400	24	3.800
	WIND WORLD W2700	150	573	41	447.600	24	3.800
	WIND WORLD W2500	220	491	31	409.400	24	3.800
VENTIS Energietechnik Ernst-Bühne-Str. 27 3300 Braunschweig 0531/2110200 • Fax 2110140	WIND WORLD W3700	500	1075	41	920.000	24	3.800
	VENTIS 20-100/30	20/100	314	30,5	270.500	24	1.750
	VENTIS 20-100/41	20/100	314	42,0	293.000	24	1.750
NORDEX ENERGIE GmbH, Undinenstr. 7 4000 Düsseldorf 13 0211/784954 Fax 0211/776933	Nordex 150/30G	30/150	572	30,0	393.000	24	3.900
	Nordex 150/36G	30/150	572	36,0	402.000	24	3.900
	Nordex 150/41, 5G	30/150	572	41,5	412.000	24	3.900
	Nordex 150/41, 5R	30/150	572	41,5	425.000	24	3.900
	Nordex 250/36G	45/250	530	36,0	412.000	24	3.900
	Nordex 250/41, 5G	45/250	530	41,5	422.000	24	3.900
LAGERWEY-Vertretung WISTRA GmbH Laggenhecker Str. 210 4530 Ibbenbüren 05451/7210 • Fax 7211	Nordex 250/41, 5R	45/250	530	41,5	435.000	24	3.900
	LW 15/30-30	30	191	31	149.000	12	750
	LW 15/75-36	75	191	37	168.000	12	750
	LW 18/50-30	50	254	31	185.000	12	750
	LW 18/80-30	80	254	31	188.000	12	750
	LW 18/80-40	80	254	40	209.000	12	750
	LW 27/250-32	250	572	32	368.000	12	

* ohne Transport u. Montage

Bilag 1C

Bilag 3A.

Index No.	Index area	ESRI LW
1	BorealIII	150
2	Nordbank	150
3	WindWorld	150
4	WindWorld	150
5	Wicon	200
6	Micon	200
7	Vestas	225
8	Micon	250
9	Nordex	250
10	Nordex	250
11	Nordbank	300
12	Bonus	300
13	Micon	400
14	Bonus	450
15	Micon	200
16	Vestas	225
17	NordWind	250
18	Micon	250
19	Nordex R	250
20	Nordex G	250
21	Nordex G	250
22	Nordex R	250
23	Bonus	300
24	Nordbank	300
25	WEG MCS	300
26	Windflow	330
27	Micon	400
28	Bonus	450
29	NordWind	500
30	Nordbank	500
31	Vestas	500
32	Vestas	225
33	H5W	250
34	Micon	250
35	Nordex	250
36	Tecis	250
37	Lagerwey	250
38	Nordbank	300
39	Econova	300
40	Micon	400
41	Bonus	450
42	Tecis	500
43	Nordbank	500
44	WindWorld	500
45	Vestas	500

Bibliographic Data Sheet**Risø-R-662(DA)**

Title and author(s)**Comparative Study of Danish and Foreign Wind Turbine Economics****Finn Godtfredsen**

ISBN**87-550-1872-6****ISSN****0106-2840**

Dept. or group**The Test Station for Wind Turbines****Date****February 1993****Dept. of Meteorology and Wind Energy**

Groups own reg. number(s)**-****Project/contract nos.****ENS J.no. 51176/92-0001**

Pages**39****Tables****2****Illustrations****18****References****9**

Abstract (Max. 2000 characters)

This comparative study indicates that Denmark still is the leading nation in wind turbine technology in regard to economics as well as energy output and nacelle weight per swept rotor area. For roughness class 1, the levelized socioeconomic costs of wind power from Danish wind turbines is DKK 0.396 - 0.536 per kWh compared with production costs of DKK 0.525 for the most economic of the foreign wind turbines investigated.

Furthermore it is pointed out, that there seems to be no correlation between generator capacity or swept rotor area and costs of windpower for the wind turbines investigated. Nevertheless there are arguments for the statement that large scale wind turbines will be relatively more economic in the future.

Danish wind turbine manufacturers only produce three-bladed, stall- or pitch regulated wind turbines with constant rotational speed. In Holland, Germany and UK two-bladed wind turbines and turbines with variable speed has been introduced. Still the new concepts are less economic, but not without future interest.

Descriptors INIS/EDB

COMPARATIVE EVALUATIONS; DENMARK; ECONOMIC ANALYSIS; FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY; HORIZONTAL AXIS TURBINES; NUMERICAL DATA; PERFORMANCE;

Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory, (Risø Bibliotek, Forskningscenter Risø), P.O. Box 49, DK-4000 Roskilde, Denmark.

Telephone 42 37 12 12, ext. 2268/2269. Telex 43 116. Telefax 46 75 56 27.



Forskningscenter Risø er en statsvirksomhed under Energiministeriet, med godt 900 ansatte, hvoraf ca. en tredjedel er forskere. Risø udfører strategisk forskning og udvikling i et udstrakt internationalt samarbejde. Forskningen skal bidrage til grundlaget for den teknologiske udvikling inden for områderne energi, miljø og materialer.

Risøs forskning er rettet imod 11 indsatsområder:

Forbrænding og forgasning
Vindenergi
Energimaterialer
Energi- og miljøplanlægning
Virkninger af forurening
Begrænsning af miljøbelastninger
Tekniske systemers sikkerhed og pålidelighed
Nuklear sikkerhed
Materialers atomare struktur og egenskaber
Avancerede materialer og materialeteknologi
Optik og fluid dynamik

Forskningen er organiseret i otte videnskabelige afdelinger: Forbrændingsforskning, Meteorologi og Vindenergi, Systemanalyse, Miljøforskning, Nuklear Sikkerhedsforskning, Faststoffysik, Materialeforskning samt Optik og Fluid Dynamik.

Budgettet for 1992 udgør 402 millioner kroner, hvoraf 42 % er indtægter fra kontraktvirksomhed, i form af hovedsagelig programforskning og kommercielle kontrakter. Resten dækkes over finansloven.

Rekvireres fra
Risø Bibliotek
Forskningscenter Risø
Postboks 49, 4000 Roskilde
Telefon 42 37 12 12, lokal 2268/2269
Telex 43116, Telefax 46 75 56 27

Risø-R-662(DA)
ISBN 87-550-1872-6
ISSN 0106-2840